ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Aurore boréale et perturbation magnétique du* 9 *mars* 1926 *à l'Observatoire de Meudon*. Note de M. **H. Deslandres**.

Nous avons observé le 9 mars, à Meudon, une aurore boréale accompagnée d'une perturbation de l'aiguille aimantée, et dans les conditions suivantes :

Le ciel était resté couvert pendant la journée, puis s'était éclairci vers 19^h45^m, à un moment où tous les astronomes étaient rentrés chez eux. Mlle Maricaneanu, doctoresse ès sciences, qui s'était attardée au laboratoire, et une autre jeune fille habitant l'Observatoire, qui rentrait à son domicile [1], ont aperçu le ciel embrasé au nord du bâtiment des communs, et ont averti le personnel. C'était une aurore boréale en forme d'arc légèrement bleu à l'horizon, et au-dessus d'un beau rouge, avec ses rayons caractéristiques très nets, et de couleur plutôt blanche. L'illumination est restée intense pendant un temps très court, et, à 20^h15^m, elle était à peine perceptible.

Au même moment, à 20^h, les enregistreurs magnétiques de l'Observatoire, révélaient une déviation notable de la déclinaison, déviation brusque, et plus forte que toutes celles qui ont suivi.

Ces deux phénomènes simultanés sont à rapprocher des phénomènes similaires observés aussi à Meudon le 26 janvier dernier [2]. Les aurores

---

[1] La seconde jeune fille a pensé d'abord qu'il y avait le feu à l'Observatoire, et s'est portée en courant vers sa demeure; puis elle a été un peu rassurée en constatant qu'il n'y avait pas de fumée au-dessus du bâtiment.

[2] Voir *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296.

boréales, en particulier, sont très rares sous nos latitudes, et il convient de les signaler.

Les deux phénomènes sont dus certainement à une action spéciale du Soleil, et, pour une large part tout au moins, à un rayonnement corpusculaire émané de lui et formé d'électrons négatifs. On admet souvent que ce rayonnement est lié à la présence de taches dans le voisinage du méridien central de l'astre; en fait, nous ne connaissons pas encore la partie du Soleil (tache ou facule plus large, ou protubérances liées aux filaments noirs de la couche supérieure) qui est vraiment active.

La comparaison des deux orages magnétiques du 26 janvier et du 9 mars est à ce point de vue instructive.

Le 26 janvier, une très grosse tache de l'hémisphère nord, visible à l'œil nu, et une facule très étendue, liée à la tache, avaient traversé ou traversaient le méridien central, et il semblait naturel de rapporter à cette tache exceptionnelle les phénomènes exceptionnels observés sur la Terre.

Le 9 mars, on a dans le voisinage du méridien central un groupe de petites taches (latitude nord $+20^\circ$) qui sont en décroissance, et autour une facule seulement moyenne. A signaler aussi sur les belles épreuves de l'atmosphère supérieure dues à d'Azambuja, au nord des petites taches, un filament prolongé par un alignement jusqu'au bord est où se trouvent de hautes et larges protubérances.

Le rattachement à la tache seule est donc discutable [1]; mais la dépendance par rapport au Soleil s'impose par le fait suivant : Souvent ces perturbations magnétiques sont périodiques et se présentent à des intervalles qui sont des multiples de la durée de rotation synodique de l'astre. Il y a des régions spéciales, privilégiées du Soleil, qui, à leur passage devant la Terre, y provoquent un trouble des aimants. Ainsi, le 9 mars, au début de la perturbation, la partie du Soleil qui occupait le méridien central, avait la longitude $171^\circ,7$ de la rotation n° 969 de Greenwich; or les rotations antérieures n°s 968, 967, 964 et 962, ont offert aussi une perturbation pour la même longitude du méridien central, à quelques degrés près.

De même avec l'orage magnétique et l'aurore du 26 janvier, deux rotations antérieures et celle qui suit ont présenté aussi une perturbation notable pour la même longitude [2]. Il y a de plus ce fait curieux que les régions

---

(1) Dans la Note précédente, consacrée à l'aurore boréale du 26 janvier, j'ai émis l'opinion que l'élément actif du Soleil était plutôt la facule.

(2) Dans la recherche des perturbations magnétiques antérieures, qui correspondent à la même longitude du méridien central, on n'est pas remonté au delà de septembre 1926.

actives de l'astre, pour les deux orages magnétiques du 26 janvier et du 9 mars, sont opposées; leurs longitudes diffèrent de 180°, à quelques degrés près.

L'action exercée sur la Terre varie d'ailleurs avec la densité et la largeur du jet solaire de corpuscules, et aussi avec le champ magnétique solaire extérieur, qui le dévie plus ou moins. Ce champ, égal en moyenne à 10^{-7} gauss, est variable, et la Terre, d'autre part, est relativement petite.

Cette Note est seulement préliminaire; la comparaison précise des phénomènes solaires et terrestres sera exposée ultérieurement.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une observation d'une aurore boréale le 9 mars.* Note de M. A. Cotton.

Le 9 mars dernier, vers 20h du soir, en sortant de la gare de Sèvres (Rive gauche), j'ai vu sur une partie étendue du ciel, dans une direction voisine de celle de Garches, une lueur rouge violacé assez vive occupant une partie étendue du ciel. Une autre traînée lumineuse de même couleur se voyait aussi, moins écartée de la direction du Nord. Le phénomène, qui a attiré l'attention de plusieurs des personnes qui descendaient comme moi du train venant de Paris, a disparu très vite; il était totalement invisible au bout d'un instant.

A la même heure les courbes magnétiques enregistrées au Val Joyeux, et que M. Maurain, directeur de l'Institut de Physique du Globe, a bien voulu me communiquer, montrent une perturbation très nette. La courbe des déclinaisons en particulier montre une variation brusque extrêmement nette, avec un écart maximum atteignant 33 minutes dans le sens correspondant à une *diminution* de la déclinaison. La composante horizontale présentait une diminution égale à 0,0014 et la composante verticale un accroissement égal à 0,00027.

M. G. Urbain fait hommage à l'Académie du Troisième Rapport de la Commission internationale des éléments chimiques : *Table internationale des Isotopes*, 1926.

M. A. Cotton fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *L'Électron en chimie. Cinq conférences faites à l'Institut Franklin de Philadelphie*, par Sir J.-J. Thomson, traduit par R. Fric, dont il a écrit la *Préface*.

En présentant à l'Académie le *Catalogue d'étoiles fondamentales de l'Observatoire de Paris*, M. B. Baillaud s'exprime en ces termes :

Au Congrès de la Carte photographique du ciel tenu à l'Observatoire de Paris en 1909 fut décidée, sur la proposition de Backlund et celle de B. Baillaud, la formation d'un catalogue fondamental comprenant des étoiles moins brillantes que celles indiquées jusqu'alors dans les éphémérides. Ces étoiles furent choisies par Backlund pour la région nord et par Hough pour la région sud; la liste en a été publiée dans la *Connaissance des Temps* pour 1914.

L'Observatoire de Paris entreprit dès novembre 1909 l'observation d'un certain nombre de ces étoiles. J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un catalogue de 1844 étoiles préparé par M. Lambert, résultant des observations faites jusqu'en avril 1914 par de nombreux observateurs. C'est le premier catalogue d'étoiles fondamentales publié par l'Observatoire de Paris.

Le programme comprenait des séries d'observations par un même astronome de 9^h du matin à minuit.

La réalisation en fut confiée à MM. Fayet, Lambert et René Baillaud. Mais l'exécution fut troublée par le départ pour Nice du premier et du troisième. Il fut nécessaire d'introduire d'autres observateurs et de modifier le programme primitif. M. Fayet avait fait 3335 observations; M. René Baillaud 2675. En fait 24 personnes ont contribué très inégalement d'ailleurs aux observations. M. Lambert seul a participé au travail pendant toute sa durée : a fait 5353 observations, a discuté les résultats, formé et publié le catalogue même, lequel est rapporté à l'équinoxe de 1915,0. C'est grâce à l'activité de M. Lambert et à une subvention de l'Académie des Sciences (Fondation Loutreuil) que ce catalogue intéressant a pu malgré la guerre être exécuté et imprimé en 15 ans. Les observateurs ayant fait le plus grand nombre d'observations ont été : MM. Brandicourt, Simonin, Maneng, Fatou, Salet, Croze, Bordier. D'autres personnes ont contribué aux réductions et aux calculs. Parmi elles, M. Holub, de nationalité tchèque, a apporté une collaboration très importante à la discussion des résultats.

Un résultat semblable à ceux obtenus par Backlund à Poulkovo, à Odessa et à Nicolaef est la nécessité mise en évidence par la discussion de déterminer, pour le catalogue même, la valeur à adopter pour la constante

de la réfraction; on fut conduit à modifier aussi la correction de flexion. La recherche d'une équation de grandeur a montré que l'emploi du micromètre à fil entraîné la réduit à fort peu de chose. On n'a corrigé les résultats d'aucune équation personnelle. Dans les premiers temps du travail on avait trouvé entre les trois observateurs et, en moyenne, les résultats suivants :

$$F - B = -0^s,010, \qquad L - B = -0^s,012, \qquad F - L = -0^s,009.$$

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Villat** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des deux places vacantes de Membre non résidant.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Fonctions de Lamé et Fonctions de Mathieu*, par Pierre Humbert. (Présenté par M. P. Appell.)

2° *Séries analytiques. Sommabilité*, par A. Buhl. (Présenté par M. P. Appell.)

3° Travaux de la Station biologique de Roscoff publiés par Charles Pérez. *Les Mollusques marins du Finistère et en particulier de la région de Roscoff*, par Ph. Dautzenberg et P.-H. Fischer. (Présenté par M. F. Mesnil.)

4° *Étude sur la croissance des plantes*, par L. Demozay.

5° *Note sur les longueurs d'onde d'un spectre de raies*, par L. Demozay.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété des courbes gauches et son application à la démonstration du théorème de Beltrami*. Note de M. **Pierre Copel**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Il ne semble pas qu'on ait encore remarqué le théorème suivant :

Soient M_0 *un point d'une courbe gauche, origine des abscisses curvilignes ;* M_1, M_2, M_3 *trois points d'abscisses curvilignes infiniment petites* s_1, s_2, s_3. *L'angle du plan* $M_1M_2M_3$ *avec le plan osculateur en* M_0 *est proportionnel à* $s_1 + s_2 + s_3$.

Rapportons la courbe à son trièdre de Frenet en M_0 :

$$x = s + \ldots, \qquad y = as^2 + \ldots, \qquad z = bs^3 + \ldots.$$

L'équation du plan $M_1M_2M_3$ est de la forme

$$Ax + By + Cz + D = 0,$$

A, B, C, D étant les mineurs du tableau

$$\left\| \begin{matrix} s_1 + \ldots & as_1^2 + \ldots & bs_1^3 + \ldots & 1 \\ s_2 + \ldots & as_2^2 + \ldots & bs_2^3 + \ldots & 1 \\ s_3 + \ldots & as_3^2 + \ldots & bs_3^3 + \ldots & 1 \end{matrix} \right\|.$$

On voit que D est de degré 6 en s_1, s_2, s_3; A de degré 5; B de degré 4 et C de degré 3; donc l'angle de $M_1M_2M_3$ avec xM_0y est équivalent à $-\frac{B}{C}$ qui est, en négligeant des infiniment petits d'ordre supérieur proportionnel à

$$\begin{vmatrix} 1 & s_1 & s_1^3 \\ 1 & s_2 & s_2^3 \\ 1 & s_3 & s_3^3 \end{vmatrix} : \begin{vmatrix} 1 & s_1 & s_1^2 \\ 1 & s_2 & s_2^2 \\ 1 & s_3 & s_3^2 \end{vmatrix} = s_1 + s_2 + s_3.$$

A titre de cas particulier, ce théorème subsiste lorsque deux ou plusieurs points M viennent se confondre. En particulier :

L'angle infiniment petit du plan osculateur P′ *en un point* M′ *avec le plan osculateur* P *en* M *infiniment voisin est triple de l'angle avec* P *du plan* MTM′, MT *étant la tangente en* M.

En effet dans le premier cas on a

$$s_1 + s_2 + s_3 = s + s + s = 3s$$

et dans le second

$$s_1 + s_2 + s_3 = 0 + 0 + s = s.$$

Remarquons que si l'on opère avec une variable de moins on obtient le théorème analogue pour les courbes planes : *l'angle infiniment petit de la corde* M_1M_2 *avec la tangente* M_0T *est proportionnel à* $s_1 + s_2$.

Et l'on obtient comme cas particulier analogue au précédent le théorème bien connu : *deux tangentes infiniment voisines forment avec la corde des contacts un triangle infiniment petit isoscèle.*

Le cas particulier que nous avons étudié va nous permettre d'établir maintenant de façon simple le théorème de Beltrami dont nous rappelons l'énoncé : *Le rayon de courbure d'une ligne asymptotique en un point d'une*

surface est égal aux deux tiers du rayon de courbure en ce point de la branche de la section de la surface par son plan tangent, qui lui est tangente.

Considérons le trièdre de Frenet MTNB en un point M de la ligne asymptotique : MTN est le plan tangent en M à la surface S. Soient M′ un point de la ligne asymptotique voisin de M et m' sa projection sur le plan MTN. Soient P, Q, R les points où la parallèle menée par m' à MN rencontre la branche considérée de la section, le plan osculateur en M′ et la tangente MT (P se trouve entre m' et R).

D'après le lemme, les angles infiniment petits $m'QM'$ et $m'RM'$ sont tels que $m'QM' = 3m'RM'$. Donc

$$Qm' = \frac{Rm'}{3} \quad \text{et} \quad RQ = \frac{2}{3} Rm'.$$

Montrons que RP est équivalent à RQ, c'est-à-dire que QP est d'ordre supérieur à 2. Supposons que le rayon de courbure en M′ de la courbe M′P tende vers une limite non nulle lorsque M′ tend vers M. La courbe M′P est tangente à la droite M′Q, puisque Q appartient au plan tangent en M′ à la surface. M′P étant comme M′Q du second ordre, la distance PH de P à M′Q est du quatrième, et comme l'angle PQH est du premier, PQ est du troisième. Donc RP est équivalent à RQ et, par suite, à $\frac{2Rm'}{3}$. Comme un rayon de courbure est inversement proportionnel à la distance d'un point voisin à la tangente, le rayon de courbure de la ligne asymptotique en M est égal aux deux tiers de celui du lieu de P : ce qui démontre le théorème.

Nous ferons encore cette dernière remarque : la démonstration ne s'applique pas lorsque la section de la surface S par le plan MNB présente en M un point de rebroussement. Cette exception est dans la nature des choses, car dans ce cas l'indicatrice est parabolique ; les deux branches de la section de la surface par le plan tangent sont elles-mêmes tangentes. Un cas particulier important est celui d'une surface développable en un point de son arête de rebroussement. On démontre aisément que : *le rayon de courbure de l'arête de rebroussement en un de ses points est égal aux trois quarts du rayon de courbure en ce point de la section de la surface par le plan tangent.* La démonstration est analogue à celle du théorème de Beltrami ; on se donne la surface comme lieu des tangentes à son arête de rebroussement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode d'intégration approchée contenant comme cas particuliers la méthode de W. Ritz, ainsi que celle des moindres carrés.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. J. Hadamard.

Les conditions de minimum dans la méthode de W. Ritz et dans la méthode des moindres carrés, telles que je les ai développées dans mes précédentes Notes [1], peuvent revêtir respectivement les formes suivantes :

$$\int_a^b \mathrm{L}(y-y_n)\varphi_m\,dx=0; \tag{1}$$

$$\int_a^b \mathrm{L}(y-y_n)\,\mathrm{L}(\varphi_m)\,dx=0, \tag{2}$$

où $m \leqq n$.

On pourrait donc élaborer toute une série de méthodes d'intégration approchée des équations différentielles de la physique mathématique en déterminant les coefficients de la solution approchée

$$y_n=\sum_{i=1}^{n} a_i^{(n)}\varphi_i \text{ [2]}$$

d'après les conditions

$$\int_a^b \mathrm{L}(y-y_n)\,\mathrm{M}(\varphi_m)\,dx=0 \qquad (m\leqq n) \tag{3}$$

contenant comme cas particuliers les conditions (1) et (2) et où $\mathrm{M}(\varphi_m)$ est un opérateur (différentiel si l'on veut) linéaire par rapport à φ_m, permettant d'établir la validité de $\lim\limits_{n\to\infty} y_n = y$ (où y est l'intégrale du système différentiel

$$\mathrm{L}(y)=f; \qquad y(a)=y(b)=0, \tag{4}$$

et vérifiant pour toute fonction z la condition

$$\int_a^b \mathrm{L}(z)\,\mathrm{M}(z)\,dx>0, \tag{5}$$

suffisante, comme il est facile de s'en assurer, pour la résolubilité du sys-

---

[1] *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1316, et **181**, 1925, p. 86.

[2] Dans le cas actuel φ_i peuvent être par exemple les sinus.

tème (3) par rapport à $a_i^{(n)}$. En prenant à titre d'exemple

$$L(y) = \frac{d^2 y(x)}{dx^2} + q(x) y(x), \qquad M(y) = \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = r(x) y(x),$$

on voit que (5) sera remplie, si par exemple

$$(q + r) < 0; \qquad \frac{1}{2}\frac{d^2(q+r)}{dx^2} + qr > 0, \tag{6}$$

et ceci, vu le choix arbitraire de $r(x)$, peut être réalisé de bien des façons, par exemple pour une même fonction $q(x) < 0$ donnée. Il est aisé de voir que la détermination de $a_i^{(n)}$ se fait d'après les conditions

$$\int_a^b L(y - y_n) M(y - y_n)\, dx = \int_a^b L(y - y_n) M(y - Y_n)\, dx, \tag{7}$$

où Y_n sont les sommes d'ordre n, formées à l'aide des procédés de sommation connues (par exemple celui de M. L. Féjer ou celui de M. D. Jackson) pour l'intégrale $y(x)$. De (7) on tire aisément, en ayant égard aux conditions (6),

$$\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx < \sqrt{\int_a^b [M(Y_n - y)]^2\, dx} \times \left\{\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx} + \max|q| \sqrt{\int_a^b [y - y_n]^2\, dx}\right\},$$

$$\int_a^b [y - y_n]^2\, dx < \frac{1}{\min\left|\frac{1}{2}\frac{d^2(q+r)}{dx^2} + qr\right|} \sqrt{\int_a^b [M(y_n - y)]^2\, dx} \times \left\{\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx} + \max|q| \sqrt{\int_a^b [y - y_n]^2\, dx}\right\},$$

d'où l'on a

$$\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_n)}{dx^2}\right]^2 dx < K \varepsilon_n, \tag{8}$$

où $K = \text{const.}$ et l'ordre de petitesse de ε_n peut être fixé en correspondance avec les conditions restrictives imposées aux $q(x)$ et $f(x)$. Or y et y_n vérifient les conditions frontières $y(a) = y(b) = y_n(a) = y_n(b) = 0$; donc

par l'emploi de la fonction de Green on s'assure que

$$|y - y_n| < \frac{1}{8}\sqrt{\int_a^b \left[\frac{d^2(y - y_r)}{dx^2}\right]^2 dx};$$

en combinant ceci avec (8) on obtient

$$|y - y_n| < k_1 \sqrt{\varepsilon_n} \quad (\text{où } k_1 = \text{const. numérique}),$$

c'est-à-dire *non seulement la convergence du procédé, mais aussi l'estimation de l'erreur qu'on commet par cette méthode en s'arrêtant à la* $n^{\text{ième}}$ *approximation.*

La méthode ci-dessus exposée mérite, ce nous semble, quelque attention, car les raisonnements précédents peuvent être généralisés dans diverses directions et les conditions restrictives imposées aux $q(x)$ et $r(x)$ dans une large mesure dépendent du mode d'exposition.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode d'adjonction dans le calcul des variations.* Note [1] de M. **Leonida Tonelli**, présentée par M. Hadamard.

M. André Roussel a exposé [2] une méthode qui permet d'établir simplement la semi-continuité des intégrales du calcul des variations (certaines conditions étant supposées vérifiées), et qui fournit aussi un moyen pour la recherche directe de certains minima. M. Roussel appelle « méthode d'adjonction » ce procédé, et il en donne le principe de la façon suivante : Pour comparer les valeurs d'une intégrale I_C, sur une courbe donnée C_0, et sur diverses courbes C, nous chercherons à adjoindre à I une intégrale curviligne I′, telle que l'on ait sur C_0, $I_{C_0} = I'_{C_0}$, et sur toute autre courbe $I_C \geqq I'_C$. Nous ferons alors l'étude de I′; de toute inégalité de la forme $I'_C \geqq I'_{C_0} + A$, on tirera $I_C \geqq I_{C_0} + A$.

Qu'il me soit permis de remarquer ici que, dans mon Livre *Fondamenti di Calcolo delle Variazioni* [3], j'avais déjà utilisé la méthode d'adjonction, sous la forme même énoncée par M. Roussel ou sous une forme un peu plus élastique, soit dans la démonstration de la semi-continuité, soit dans la recherche de certains minima.

Je voudrais m'arrêter quelques instants sur la semi-continuité.

---

(1) Séance du 8 mars 1926.

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 490 et 1387; **181**, 1925, p. 486.

(3) Bologna; I, 1922; II, 1924.

Dans le Tome I des *Fondamenti* (p. 392 et suiv.), j'ai donné le théorème suivant : « Si l'on a $f_{y'y'} \geqq 0$ pour tout y' et pour tous les points (x, y) du champ considéré, l'intégrale $I_C = \int_C f(x, y, y')\,dx$ est semi-continue inférieurement sur toute courbe $C_0[y = y_0(x), (a_0, b_0)]$ du champ, telle que $y_0(x)$ ait toujours une dérivée $y'_0(x)$ continue ».

Comme je l'ai explicitement remarqué à la page 392 de mon Livre (t. I), le principe de la démonstration est dans la décomposition de I_C en deux intégrales I'_C et I''_C, dont la première est une intégrale curviligne, fonction continue de C, et la seconde satisfait toujours à l'inégalité $I''_C \geqq 0$ (d'où $I_C \geqq I'_C$), et ainsi qu'à l'inégalité $I''_{C_0} < \sigma$, où σ est un nombre positif, donné à l'avance, aussi petit que l'on veut.

Je veux ajouter que le principe que je viens de rappeler m'a servi aussi pour démontrer la semi-continuité de I_C sur toute courbe $y = y_0(x)$ donnée par une fonction $y_0(x)$ absolument continue.

Je remarquerai encore que, dans mes *Fondamenti*, j'ai utilisé la méthode consistant à remplacer une intégrale donnée I_C par une autre I'_C (telle que l'on ait toujours $I_C \geqq I'_C$ et $I_{C_0} = I'_{C_0}$ sur une courbe C_0 donnée), pour établir l'existence du minimum en petit (t. II, p. 156 et suiv.), pour démontrer les résultats de M. Carathéodory (t. II, p. 193 et suiv.), et pour le problème de Newton (t. II, p. 447).

Remarque de M. **Hadamard** *au sujet de la Communication précédente.*

On voit que le principe d'adjonction en soi, a vu le jour de bien des côtés. On peut même raisonnablement le faire remonter à Weierstrass. Pour notre part, nous en avions fait un constant usage dans nos *Leçons sur le calcul des Variations* (p. 385). De tels principes valent en somme par le parti qu'on en tire ; et, à cet égard, le service rendu à la science par la découverte de la semi-continuité que l'on doit à M. Tonelli (et aussi quoique dans des conditions un peu moins générales à M. Goursat) est capital.

CINÉMATIQUE. — *Un théorème concernant le mouvement à deux paramètres d'un solide.* Note [1] de M. **Joseph Pérès**, présentée par M. Hadamard.

1. Je rappelle l'élégant théorème de M. Bricard [2] concernant le mouvement à deux paramètres M_2 d'un solide S autour d'un point fixe O : *le pôle instantané définit, entre les points de deux sphères de centre* O, *l'une fixe, l'autre mobile, une correspondance qui conserve les aires.*

Si l'on cherche le théorème analogue pour un M_2 quelconque, on voit de suite s'établir une correspondance entre deux congruences de droites avec *conservation de l'aire de la représentation sphérique.* Mais la correspondance en question jouit d'une autre propriété.

2. Utilisons la représentation d'un torseur comme vecteur complexe (l'unité complexe ε vérifiant la condition $\varepsilon^2 = 0$) [3]. Si, les axes étant rectangulaires, pqr, uvw sont les composantes de la résultante et du moment à l'origine du torseur, les composantes complexes du torseur sont

$$P = p + \varepsilon u, \quad Q = q + \varepsilon v, \quad R = r + \varepsilon w \quad (\varepsilon^2 = 0).$$

Toute la théorie des vecteurs réels s'applique et l'on passe ainsi sans peine de la géométrie des droites issues de l'origine à la géométrie réglée générale : l'élément géométrique fondamental est en effet la droite considérée comme support (ou axe central) d'un torseur.

On voit de suite qu'une substitution orthogonale à coefficients complexes, effectuée sur les composantes complexes d'un torseur, équivaut à un déplacement des axes dans l'espace. Soient alors

$$A = a + \varepsilon l, \quad B = b + \varepsilon m, \quad C = c + \varepsilon n$$

les cosinus directeurs complexes d'une droite (a, b, c, l, m, n sont des coordonnées plückériennes); soit un déplacement infiniment petit, le torseur des vitesses ayant les composantes P, Q, R; au bout du temps dt, les cosinus directeurs complexes auront pris les accroissements

$$dA = (QC - RB)\,dt, \quad dB = (RA - PC)\,dt, \quad dC = (PB - QA)\,dt. \tag{1}$$

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

[2] Voir Bricard, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 734; *Nouvelles Annales*, (5), 3, 1924-1925, p. 328; voir aussi Cartan, *Nouvelles Annales*, (6), 1, 1925-1926, p. 33.

[3] Cf. le livre de Cailler *Introduction à la Mécanique rationnelle.*

3. Si A, B, C dépendent d'un paramètre α, la droite engendre une surface réglée. La distance complexe infinitésimale de deux génératrices est donnée par la formule connue :

$$ds^2 = dA^2 + dB^2 + dC^2,$$

la partie réelle est l'élément d'arc de la représentation sphérique, le coefficient de ε, nul dans le cas d'une surface développable, est la plus courte distance des deux génératrices.

Si maintenant nous envisageons une congruence (paramètres α et β), on définira de même ce que l'on peut appeler *l'élément linéaire complexe* de cette congruence. Cet élément linéaire sera de forme

$$\begin{aligned} ds^2 &\equiv E\,d\alpha^2 + 2F\,d\alpha\,d\beta + G\,d\beta^2 \\ &\equiv (e\,d\alpha^2 + 2f\,d\alpha\,d\beta + g\,d\beta^2) + \varepsilon(e'\,d\alpha^2 + 2f'\,d\alpha\,d\beta + g'\,d\beta^2) \\ &\equiv \varphi_1 + \varepsilon\varphi_2. \end{aligned}$$

La forme φ_1 est l'élément linéaire de la représentation sphérique, la forme φ_2, égalée à zéro, fournit les développables de la congruence.

Enfin, étant donné un domaine de $\alpha\beta$, il sera naturel d'appeler *aire complexe* de la portion correspondante de congruence l'intégrale

$$\int\int\sqrt{EG - F^2}\,d\alpha\,d\beta = \int\int\sqrt{eg - f^2}\,d\alpha\,d\beta + \varepsilon\int\int\frac{eg' + e'g - 2ff'}{2\sqrt{eg - f^2}}\,d\alpha\,d\beta.$$

Le terme réel est l'aire de la représentation sphérique, le terme complexe peut s'interpréter géométriquement : c'est l'intégrale de $\tau\cos\gamma\,d\sigma$, $d\sigma$ désignant l'aire de la représentation sphérique, τ la distance des points limites et γ l'angle des plans focaux. Ce terme s'annule lorsque la congruence considérée est une congruence de normales.

4. Soit un mouvement M_2 quelconque. A un instant $\alpha\beta$, tous les M_1 appartenant à M_2 ont leurs axes normaux à une droite Δ. Cette droite, suivant qu'on l'envisage dans l'espace fixe ou par rapport à S, définit deux congruences : *la correspondance qu'elle établit entre elles a lieu avec conservation de l'aire complexe.*

Pour le montrer, soit défini, à chaque instant $\alpha\beta$, un trièdre T dont la troisième arête coïncide avec Δ. Par rapport à S, ce trièdre a un déplacement infiniment petit défini par la rotation complexe

$$P\,d\alpha + P'\,d\beta, \quad Q\,d\alpha + Q'\,d\beta, \quad R\,d\alpha + R'\,d\beta.$$

Or on constate que les conditions d'intégrabilité gardent la même forme

que pour une rotation réelle

$$\frac{\partial P}{\partial \beta} - \frac{\partial P'}{\partial \alpha} = QR' - RQ', \qquad \text{etc.},$$

formules qui condensent les relations classiques entre rotations et translations. Dans ces conditions la démonstration de M. Cartan subsiste intégralement : en mettant l'indice zéro aux composantes qui concernent le mouvement de T par rapport à l'espace fixe, on a

$$P_0 Q'_0 - Q_0 P'_0 = PQ' - QP'.$$

Mais la droite Δ a les cosinus directeurs complexes o, o, 1 dont les variations élémentaires sont [formules (1)]

$$Q d\alpha + Q' d\beta, \qquad -P d\alpha - P' d\beta, \qquad 0;$$

l'élément linéaire complexe est donc

$$(Q\,d\alpha + Q'\,d\beta)^2 + (P\,d\alpha + P'\,d\beta)^2$$

et l'aire complexe $(PQ' - QP')\,d\alpha\,d\beta$ est la même que pour la congruence décrite par rapport aux axes fixes.

Le résultat est ainsi établi et la réciproque est immédiate. On voit que la propriété de la représentation sphérique n'est qu'une partie du théorème. Notons enfin que si l'une des congruences est normale, il en sera de même de l'autre.

ÉLASTICITÉ. — *Plaque rectangulaire posée supportant une charge* P *concentrée en son centre*. Note de M. **Rogoff**, présentée par M. Mesnager.

Nous avons calculé par intégration les séries doubles des formules que M. Mesnager a indiquées [1] pour la tension normale N_a parallèle aux petits côtés a et pour la tension normale N_b parallèle aux plus grands côtés b sous le point chargé.

On a, l'épaisseur d étant plus petite ou au plus égale au côté a,

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0,852 + 1,1 \operatorname{logv.} \frac{d}{a} - 2,43\frac{a}{b}\theta_a - 0,0194\frac{a^2}{b^2} \right.$$
$$\left. + 0,072\frac{d^2}{a^2} - 0,057\frac{d^2}{b^2} + R_a\right].$$

(1) *Comptes rendus*, **164**, 1917, p. 721.

En posant, pour abréger

$$\theta_a = \frac{b^2}{2(b^2+4a^2)} + \frac{b}{4a}\,\text{arc tang}\,\frac{2a}{b} - \frac{b^4}{(a^2+b^2)^2} - \frac{2}{375}\,\frac{a}{b} + \frac{2}{3}\,\frac{a^2 b^4}{(b^2+4a^2)^3}$$

avec

$$|R_a| < |0,016 + 0,015\,d^2 a^{-2} + 0,005\,d^2 b^{-2}| \quad \text{et} \quad R_a < 0,$$

En négligeant $0,5\,R_a$ dans l'expression de N_a on aura l'erreur relative $\varepsilon < 0,06$ pour $d < a$, $\varepsilon < 0,02$ pour $d \leq 0,1\,a$ et $\varepsilon < 0,005$ pour $d \leq 0,05\,a$.

De même

$$N_b = \frac{P}{c^2}(1+\eta)\left[0,3268 + 1,1\,\text{log n.}\,\frac{d}{a} + 2,43\,\frac{a}{b}\,\theta_b + 0,0194\,\frac{a^2}{b^2} + 0,072\,\frac{d^2}{b^2} + 0,057\,\frac{d^2}{a^2} + R_b\right],$$

$$\theta_b = \frac{a^2 b^2}{(a^2+b^2)^2} + \frac{b^2}{2(b^2+4a^2)} - \frac{b}{4a}\,\text{arc tang}\,\frac{2a}{b} + \frac{a}{125\,b} + \frac{a^2 b^2(b^2-4a^2)}{3(b^2+4a^2)^3}$$

avec

$$|R_b| < |0,016 + 0,015\,d^2 b^{-2} + 0,005\,d^2 a^{-2}| \quad \text{et} \quad R_b < 0.$$

En négligeant $0,5\,R_b$ dans l'expression de N_b on aura l'erreur relative $\varepsilon < 0,06$ pour $d \leq a$, $\varepsilon < 0,02$ pour $d \leq 0,1\,a$, $\varepsilon < 0,01$ pour $d \leq 0,005\,a$.

Pour $\frac{b}{a}$ très grand N_a et N_b tendent vers une limite.

On pourra prendre pour $d \leq 0,2a$ les formules approximatives

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0,852 + 1,1\,\text{log v.}\,\frac{d}{a} - 2,43\,\frac{a}{b}\,\theta_a\right],$$

$$N_b = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\left[0,346 + 1,1\,\text{log v.}\,\frac{d}{a} + 2,43\,\frac{a}{b}\,\theta_b\right].$$

Les erreurs relatives seront de 0,05 pour $d \leq 0,02\,a$ et $\varepsilon < 0,03$ pour $d \leq 0,1\,a$.

θ_a et θ_b deviennent très petits pour $b \geq 3a$ et peuvent être négligés.

En définitive

$$N_a = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_a, \qquad N_b = \frac{P}{d^2}(1+\eta)\gamma_b$$

γ ayant, avec une erreur relative par excès $< 0,02$, les valeurs suivantes :

$\frac{b}{a}$.	$\frac{d}{a} = 0,05$.		$\frac{d}{a} = 0,1$.		$\frac{d}{a} = 0,2$.		$\frac{d}{a} = 0,4$.	
	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.	γ_a.	γ_b.
1......	1,94	1,94	1,63	1,63	1,30	1,30	0,976	0,976
1.5....	2,16	1,69	1,85	1,48	1,52	1,15	1,19	0,82
2......	2,23	1,65	1,92	1,45	1,59	1,12	1,26	0,79
3......	2,26	1,63	1,95	1,43	1,62	1,10	1,29	0,77
4......	2,26	1,63	1,95	1,43	1,62	1,10	1,29	0,77

N. B. — Les différences des γ_a sont sensiblement constantes entre deux mêmes lignes horizontales, de même pour les γ_b.

MÉCANIQUE. — *La propagation des ondes sur la ligne élastique à quatre paramètres*. Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. L. Lecornu.

Nous appelons ligne élastique à quatre paramètres la ligne considérée jusqu'ici par la plupart des auteurs où l'un des axes du trièdre (M), Mu par exemple, est tangent à l'axe longitudinal [1]; les trois paramètres angulaires se réduisent en effet à un seul, fixant l'orientation de (M) autour de Mu. Nous avons ici

$$(1) \qquad \alpha(1+\partial)=\frac{\partial x}{\partial \omega}, \quad \ldots, \quad \text{avec} \quad 1+\partial=\sqrt{\left|\left(\frac{\partial x}{\partial \omega}\right)^2\right|},$$

en désignant par $|\,|$ une somme de trois termes analogues; de sorte que, si la discontinuité est du premier ordre en α, β, γ, elle sera généralement du second ordre en x, y, z. Supposons-la donc du premier ordre par rapport aux cosinus directeurs α, β, ..., γ_2 et du deuxième par rapport à x, y, z, soit

$$\delta\frac{\partial^2(x,y,z)}{\partial\omega^{2-p}\,\partial t^p}=(\lambda,\mu,\nu)(-\mathfrak{V}_0)^p, \qquad \delta\frac{\partial(\alpha,\beta,\ldots,\gamma_2)}{\partial(\omega,t)}=(a,b,\ldots,c_2)(1,-\mathfrak{V}_0).$$

Il résulte alors de (1) que la dilatation ∂ reste continue à la traversée de l'onde et qu'on a

$$(2) \qquad a(1+\partial)=\gamma-\alpha|\alpha\lambda|, \qquad \ldots.$$

Cela posé, que la ligne soit ou non affectée de viscosité, on reconnaît qu'on a nécessairement $(a, b, \ldots, c_2)=0$, de sorte que, d'après (2), la discontinuité en x, y, z est longitudinale. Plus généralement, si la discontinuité est d'ordre $n \geqq 2$ par rapport à x, y, z, elle ne peut être d'un ordre inférieur par rapport aux cosinus.

Supposons donc que toutes les discontinuités λ, μ, ..., c_2 soient du premier ordre; on a alors d'après (1)

$$\delta\partial=\frac{\lambda}{\alpha}=\frac{\mu}{\beta}=\frac{\nu}{\gamma}=|\alpha\lambda|,$$

de sorte que la discontinuité en x, y, z est encore longitudinale.

On reconnaît tout d'abord, comme dans le cas de six paramètres, que la ligne affectée de viscosité ne peut être le siège d'aucune onde du premier ordre qui se propage.

---

[1] Voir notre précédente Note. *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 569.

Supposons donc la ligne dénuée de viscosité. Comme maintenant les composantes $\mathcal{R}_v$, $\mathcal{R}_w$ de l'effort tranchant sont des inconnues auxiliaires, les six équations fondamentales se réduisent à quatre.

$$(3)\quad \begin{cases} \rho_0 \mathfrak{V}_0^2 \delta\partial + \delta\mathcal{R}_u = 0, \\ \rho_0 \mathfrak{V}_0^2 (A^2\delta p, B^2\delta q, C^2\delta r) + \delta(\mathcal{C}_u, \mathcal{C}_v, \mathcal{C}_w) = 0, \end{cases}$$

de sorte que nous retrouvons les équations de notre précédente Note, sauf que $\delta\xi$ est remplacé par $\delta\partial$; les équations aux vitesses de propagation ne sont plus ici que du quatrième degré. Ces résultats restent encore valables pour des ondes d'un ordre quelconque.

Dans le cas particulier de l'isotropie, les équations (3) deviennent, en supposant la ligne mauvaise conductrice de la chaleur ($K = 0$) et en se limitant aux petites variations de température,

$$(4)\quad \begin{cases} \left(E + \frac{T\nu^2}{c\mathfrak{C}} - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2\right)\delta\partial = 0, \qquad (\mu - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2)\,\delta p = 0, \\ (E - \rho_0 \mathfrak{V}_0^2)\,\delta(q, r) = 0, \end{cases}$$

E désignant le module de Young, μ le coefficient d'élasticité transversale, ν le troisième coefficient d'élasticité qu'introduisent les phénomènes thermo-mécaniques et c désignant maintenant la capacité calorifique par unité de volume, ρ_0 la densité cubique. Si la ligne est bonne conductrice ($K \neq 0$), le second terme de la première parenthèse disparaît.

La première vitesse de propagation résultant de l'annulation de la première parenthèse exige que $\delta(p, q, r) = 0$, c'est-à-dire $(a, b, \ldots, c_2) = 0$.

La seconde vitesse exige que $\delta(\partial, q, r) = 0$, par suite

$$(\lambda, \mu, \nu; a, b, c) = 0;$$

les deux discontinuités restantes sont alors transversales, (a_1, b_1, c_1) étant dirigé suivant Mw, (a_2, b_2, c_2) suivant Mv.

Enfin la troisième vitesse exige que $\delta(\partial, r) = 0$, d'où $(\lambda, \mu, \nu) = 0$; la discontinuité (a, b, c) est alors transversale et les deux autres longitudinales.

Ainsi se trouvent étendues à des lignes élastiques de forme quelconque des formules de vitesse de propagation qui n'avaient encore été obtenues, sauf dans des cas particuliers, qu'à partir des équations des vibrations longitudinales, tournantes et transversales des tiges droites et dans l'hypothèse d'une température uniforme.

PHYSIQUE. — *Pompe à condensation fonctionnant sur vide primaire médiocre.* Note (¹) de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. A. Rateau.

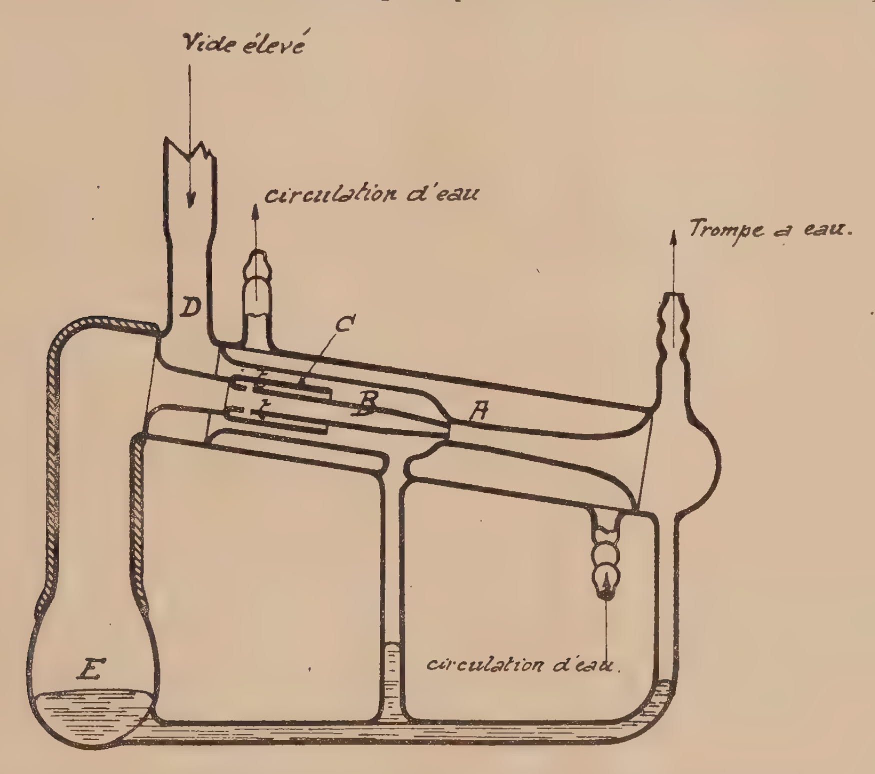
L'intérêt d'une pompe à condensation fonctionnant sur vide primaire médiocre, c'est-à-dire de 10 à 30^{mm} de mercure, réside en ce qu'il est possible de l'accoupler avec une pompe préliminaire économique, une trompe à eau par exemple. Comme une pompe à condensation en verre est elle-même peu coûteuse, l'ensemble des deux appareils peut facilement être multiplié dans un laboratoire à la demande des besoins. De plus une pompe à condensation en *verre* offre des avantages appréciables, si elle est construite de manière à être peu fragile, car on peut la souder directement sur la canalisation, et si celle-ci est longue et présente des étranglements, on peut souder plusieurs pompes travaillant en parallèle sur différents tronçons; enfin on a la commodité de *voir* si elle a besoin d'être nettoyée, et alors de la nettoyer facilement.

Divers constructeurs ont déjà établi avant nous des pompes à condensation fonctionnant sur quelques millimètres de mercure au vide primaire. Mais le modèle auquel nous sommes arrivés, par une suite d'expériences méthodiques dont il sera rendu compte ailleurs, nous paraît présenter quelques avantages. En fait, il fonctionne d'une manière parfaite depuis bientôt deux ans dans le laboratoire pour les besoins courants duquel nous l'avons construit.

Le mercure, chauffé en E au moyen d'un brûleur Bunsen, donne de la vapeur sous 20 à 40^{mm} de pression, qui sort de l'ajutage B dans le diffuseur-condenseur A; c'est le premier étage, le vide primaire étant fait par la tubulure qui porte l'indication *trompe à eau*. Le second étage est constitué par l'intervalle entre la cloche C et la paroi du réfrigérant qui l'entoure. La vapeur qui alimente cet étage sort du tube B sous la cloche C par les petits trous *t*. Le vide secondaire se fait en D. Il y a deux tubes verticaux pour le retour du mercure qui se condense dans chacun des deux étages. L'ensemble de l'appareil a été étudié en vue de réduire autant que possible la fragilité et la quantité de mercure employé ainsi que le trajet que doit parcourir la vapeur avant d'atteindre les orifices où elle est utilisée; cela présente l'avantage d'une *mise en route rapide* à partir du moment où l'on commence à chauffer le mercure.

(¹) Séance du 8 mars 1926.

Le mercure étant d'abord froid, la mise en route ne demande que 3 à 4 minutes. La pompe fonctionne sur une pression primaire qui peut atteindre 20^{mm} de mercure. Elle donne un vide limite qui, mesuré à la jauge de Mc Leod, est de l'ordre de 0,01 micron de mercure (comme les diverses pompes à condensation que nous avons eues entre les mains). Sa vitesse propre est de 370^{cm^3} par seconde. Cette vitesse peut paraître faible en comparaison des vitesses indiquées par divers constructeurs. Mais, pour



l'usage auquel cette pompe était destinée, c'est-à-dire la technique des gaz purs sous pression réduite, cette vitesse est largement suffisante.

On ne gagnerait rien à l'augmenter, ce qui exigerait un vide primaire meilleur. En effet, dès qu'il ne s'agit plus de faire le vide dans un appareil *unique* qu'on peut relier à la pompe par une canalisation aussi courte et aussi grosse que l'on veut, mais dans *plusieurs* appareils reliés entre eux par des tubes qui ne peuvent être ni très courts, ni très gros (qui, souvent, présentent même obligatoirement des étranglements), la vitesse *pratique* ou apparente de la pompe S_2 [1] a une valeur presque indépendante de sa

[1] Voir pour ces définitions, par exemple, L. Dunoyer, *La Technique du vide*.

vitesse propre S_1, lorsque cette vitesse dépasse de beaucoup le débit propre de la canalisation U_1. Car ces trois quantités sont reliées par la relation

$$\frac{1}{S_2} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{U_1}.$$

Si donc S_1 augmente indéfiniment, S_2 a pour limite U_1. Par exemple, si la canalisation a une longueur totale de 1^m et un diamètre de 1^{cm} (longueur qui est faible et diamètre qui est assez gros pour beaucoup d'expériences), la vitesse apparente de la pompe passe de 52 à 106^{cm^3} par seconde seulement quand sa vitesse propre passe de 100 à 10000^{cm^3} par seconde.

VISCOSITÉ. — *Sur la loi de la viscosité des fluides en fonction de la densité. Ses rapports avec l'équation d'état.* Note de M. **Jean Dubief**, présentée par M. Brillouin.

Dans une Communication précédente ([1]) nous avons donné les relations suivantes

$$\eta = \eta_0 \frac{v}{v - b}, \tag{1}$$

$$b = b_0 \left[\frac{3}{4} \sqrt[3]{\frac{2\pi}{3} \frac{v}{b_0}} - \frac{24}{\pi} \frac{v}{b_0} \right]. \tag{2}$$

La loi de variation donnée pour b tombe en défaut lorsque la densité de la matière devient considérable. Nous avons trouvé que la relation donnée par Boltzmann et Mache ([2])

$$b = b_0 - \frac{d^2}{v^2 + c} \qquad (b_0 = \text{covolume de Van der Waals}), \tag{3}$$

s'applique non seulement aussi bien que la formule (2) aux expériences connues sur le CO^2, mais que de plus elle est valable pour les corps liquéfiés éloignés de leur température critique; par exemple

$$C^6H^6,\ CHCl^3,\ (C^2H^5)^2O,\ (CH^3)^2 = CO,\ SO^2.$$

Le covolume b_0 ainsi calculé sur la courbe de saturation du liquide,

---

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1164.

([2]) Boltzmann et Mache, *Wied. Annalen*, 68, 1899, p. 350.

coïncide avec la loi trouvée expérimentalement par Nadjeshdine [1] et Kannonikof :

$$\text{Volume critique } \varphi = 2 b_0.$$

Cette formule équivaut à la suivante

$$(4) \qquad b_0 = 0,223 \times 10^{-4} \frac{M}{\Delta} \qquad \begin{array}{l}(M = \text{poids moléculaire}) \\ (\Delta = \text{densité critique}).\end{array}$$

Or au moyen des données connues sur la viscosité des différents fluides nous obtenons :

$$(5) \qquad b_0 = 0,2208 \times 10^{-4} \frac{M}{\Delta}.$$

l'accord entre les deux relations est remarquable. Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les valeurs de b_0 pour différents corps :

Corps	CO^2.	C^6H^6.	$CHCl^3$.	$(C^2H^5)^2O$.	$(CH^3)^2CO$.	SO^2.
b_0 (Nadjesh.)	0,0022	0,00567	0,00519	0,00623	0,00459	0,00271
b_0 (Viscosité)	0,0023	0,00577	0,00520	0,00623	0,00441	0,00270

La relation (3) se vérifie bien : nous donnons comme exemple les données relatives au benzène :

$t°$	10°.	20°.	30°.	40°.	50°.	70°.
$\frac{\eta}{\eta_0}$ observé	100,9	81,6	66,6	55,2	46,4	34,2
$\frac{\eta}{\eta_0}$ calculé	101,1	80,7	65,5	54,1	45,9	34,2

Il est donc désormais certain qu'il y a identité complète entre le b de notre relation et le covolume de Van der Waals : mêmes valeurs numériques et même variation en fonction du volume dans les deux cas.

La précédente étude nous a naturellement porté à appliquer l'équation de Boltzmann :

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\left(v - b_0 + \frac{d^2}{v^2 + c}\right) = RT$$

aux fluides. (La viscosité nous donne en effet directement les constantes b_0, d et c). Elle s'applique mal. Des considérations tant théoriques qu'expérimentales nous ont conduit à admettre la relation suivante :

$$\left(p + \frac{\alpha}{v^2} + \frac{\beta}{v}\right)\left(v - b_0 + \frac{d^2}{v^2 + c}\right) = \left(1 - \frac{\gamma}{v}\right) RT.$$

qui représente bien la compressibilité du CO^2 selon Amagat.

---

[1] Nadjeshdine, *Recherches physiques*, p. 111, Kiev, 1887.

PHYSIQUE. — *Diffusion de la lumière dans les liquides.*
Note [1] de M. Y. **Rocard**, présentée par M. A. Cotton.

Des expériences systématiques m'ont montré que : *a*. L'examen d'un faisceau de lumière diffusée à travers un biréfringent et un *petit* nicol dont il occupe tout le champ entraîne des erreurs possibles de 2° sur les lectures d'angles de dépolarisation : il semble indispensable d'opérer avec un wollaston et un glazebrook. — *b*. De mauvais réglages de la normalité au faisceau de la lentille de projection, ou de l'angle d'observation par rapport au faisceau incident entraînent des corrections petites mais toutes de même signe. — *c*. La correction de convergence du faisceau incident semble avoir été mal évaluée jusqu'ici : le calcul montre qu'il faut en première approximation retrancher de la valeur de ρ observée le quart du carré de la demi-ouverture du faisceau incident projeté dans le liquide en observation. Si l'on emploie une lentille de grande ouverture, il faut encore tenir compte de son pouvoir de transmission variable du centre aux bords : dans mon montage, cette correction de convergence vaut de ce fait le cinquième du carré de la demi-ouverture du faisceau. — *d*. La fluorescence résiduelle constatée dans presque tous les liquides doit être éliminée dans les mesures de la dépolarisation ρ et de l'intensité diffusée i.

Toutes ces causes introduisent des erreurs *absolues* dont la somme semble pouvoir expliquer la différence (absolue également) de 0,07 qu'on peut constater dans les valeurs de ρ fournies par différents expérimentateurs, et qui pour de faibles dépolarisations conduit à des erreurs relatives de 100 pour 100 et plus. J'ai fait de mon mieux pour m'affranchir de ces causes d'erreur dans des mesures sur CCl^4 et C^6H^6 (purifiés par filtration lente sur cône en alundun. Ces liquides présentaient une fluorescence assez forte : les dépolarisations sont mesurées en lumière rouge, fluorescence éliminée, et le rapport des intensités diffusées l'est en lumière blanche, compte tenu de la fluorescence) :

$$\rho_{(CCl^4)} = 0,106 \quad \text{(moyenne de nombres variant de 0,102 à 0,112)},$$
$$\rho_{(C^6H^6)} = 0,438 \quad \text{(moyenne de nombres variant de 0,43 à 0,45)},$$
$$i_{(C^6H^6)} = 2,85\, i_{(CCl^4)} \quad \text{(moyenne de nombres variant de 2,7 à 3,0)}.$$

Au bout de quelque temps, le tétrachlorure est devenu inutilisable, se rem-

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

plissant de particules *invisibles à 90° du faisceau incident,* mais très éclatantes dans des directions voisines de celle de ce faisceau.

Ces mesures étaient destinées à contrôler une théorie moléculaire de la diffusion de la lumière, utilisant des idées que j'ai déjà signalées. J'emploie comme modèle moléculaire non plus la molécule de M. Langevin, mais la molécule la plus générale à moment vectoriel induit : son anisotropie s'introduit non plus par une mais par deux constantes γ et δ, (la molécule à trois axes d'anisotropie se retrouve en faisant $3\gamma = 4\delta$). De plus je tiens compte du champ intermoléculaire : il intervient par une quantité θ_B qui serait la moitié de la dépolarisation d'opalescence critique d'un mélange de deux liquides qui aurait même indice que le corps étudié. Voici les formules obtenues :

$$(1)\qquad \rho = \rho_0 + \theta_B(2 - \rho_0 - \rho_0^2)$$

$$(2)\qquad i = \frac{\pi^2}{\lambda^4}\frac{RT\beta}{N}(n^2-1)f(n^2)\left[1 + \frac{7}{3}\theta_B + \frac{M}{RT\beta\, df(n^2)} \times \left\{\gamma + \delta + \theta_B\left(\frac{7\gamma + 11\delta}{3}\right)\right\}\right](1+\rho),$$

$f(n^2)$ est une fonction comprise entre 1 et $\left(\frac{n^2+2}{3}\right)^2$, dépendant des fluctuations du champ de polarisation. ρ_0 est la dépolarisation qu'aurait le corps si le champ intermoléculaire était nul. Les autres notations sont classiques. ρ_0 peut se calculer en fonction de l'anisotropie, ou de la constante de Kerr (Gans), ou du rapport des retards absolus, ou de la constante d'électrostriction (Y. Rocard). M. Pauthenier ayant signalé le bon accord de la théorie avec l'expérience pour l'électrostriction de CCl^4, j'ai employé son résultat pour calculer ρ_0 et ai trouvé : $\rho_0 = 0{,}086$. Compte tenu du champ intermoléculaire, je trouve $\rho_{CCl^4} = 0{,}105$ en lumière rouge.

Pour l'intensité, la formule (2) fournit les valeurs suivantes

$f(n^2) \equiv 1$ (théorie analogue à celle de Vessot-King) $\quad i_{C^6H^6} = 2{,}75\, i_{CCl^4}$,

$f(n^2) \equiv \left(\frac{n^2+2}{3}\right)^2$ (théorie analogue à celle de Einstein) $\quad i_{C^6H^6} = 2{,}88\, i$,

la théorie analogue à celle de Ramanathan fournirait un rapport d'intensités 2,29 s'écartant beaucoup des nombres expérimentaux.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des bandes 4511 et 4123 du spectre de l'oxyde de carbone.* Note de Mlle **O. Jasse**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre de l'oxyde de carbone comprend plusieurs bandes dégradées vers le violet. Hultén a montré que les bandes 5610, 5198, 4835, 4393 pouvaient être ordonnées d'une même façon. Ce sont des bandes simples, formées des trois suites classiques P, Q, R. Les bandes 4511 et 4123 paraissent à première vue plus complexes. Hultén les exclut du groupe homogène formé par les bandes précédentes. J'ai réussi à montrer qu'elles présentaient une parenté avec les premières en ce qu'elles possèdent les mêmes suites, mais compliquées de plusieurs autres.

Dans la tête de ces bandes on trouve d'abord les suites P, Q, R, comme l'indiquent les tableaux suivants qui donnent les fréquences des raies et les différences entre termes de même rang

Bande 4511.

m.	P(*m*).	Q(*m*)—P(*m*).	Q(*m*).	R(*m*)—Q(*m*).	R(*m*).	
1.....	»	»	22171,8	3,9	22175,7	»
2.....	22168,5	3,8	172,3	7,7	180,0	3,8
3.....	165,8	7,8	173,6	11,7	185,3	7,6
4.....	164,0	11,7	175,7	15,7	191,4	11,5
5.....	163,3	15,2	178,5	19,6	198,1	15,2
6.....	162,8	19,3	182,1	23,5	205,6	19,6
7.....	163,3	23,1	186,4	27,5	213,9	23,3
8.....	164,8	26,6	191,4	31,7	223,1	27,4
9.....	166,5	30,8	197,3	»	»	31,3
10	»	»	203,0	»	»	»
11.....	»	»	211,7	»	»	»

Bande 4123.

m.	P(*m*).	Q(*m*)—P(*m*).	Q(*m*).	R(*m*)—Q(*m*).	R(*m*).
1.....	»	»	»	»	»
2.....	24250,5	3,7	24254,2	»	»
3.....	248,0	7,7	255,7	11,7	24267,4
4.....	246,0	11,6	257,6	15,7	273,3
5.....	244,7	15,6	260,3	19,2	279,5
6.....	»	»	263,6	23,1	286,7
7.....	»	»	267,4	27,1	294,5
8.....	»	»	272,2	31,1	303,3
9.....	»	»	277,6	35,3	312,9
10.....	»	»	283,8	39,0	322,8
11.....	»	»	291,0	42,7	333,7

La relation connue

$$R(m) - Q(m) = Q(m+1) - P(m+1)$$

est vérifiée dans ces suites avec une précision suffisante. De plus, ces différences sont les mêmes que celles observées dans les premières bandes, comme on le voit dans la dernière colonne du premier tableau, colonne extraite des tableaux de Hulthén.

On trouve ensuite, à côté des suites principales, des suites complémentaires très courtes, désignées par les lettres P′ et R′ qui, dans la représentation graphique, jouent par rapport à la suite Q le même rôle que P et R, pour la bande 4511, et convergent vers la même origine que la suite P pour la bande 4123.

Le tableau suivant en donne les fréquences :

Bande 4511.			*Bande* 4123.		
m.	P′(*m*).	R′(*m*).	*m.*	P′(*m*).	R′(*m*).
1...	»	22177,0	1...	24255,7	24260,8
2...	22167,4	182,7	2...	254,2	24266,5
3...	162,8	22189,1	3...	252,5	»
4...	22159,7	»	4...	24251,1	»

Enfin, dans la queue des bandes se trouvent des suites d'une tout autre sorte, qui ne s'ordonnent pas suivant le schéma classique.

D'autre part, toutes ces bandes rentrent dans un même ensemble représenté par le tableau suivant qui donne les fréquences des raies nulles, ainsi que leurs différences respectives :

p...	3.		2.		1.		0.
	17827	1412	19239	1443	20682	1489	22171
	(λ 5610)		(λ 5198)		(λ 4835)		(λ 4511)
					2081		2081
					22763	1489	24252
					(λ 4393)		(λ 4123)

Les fréquences des raies nulles des quatre bandes de la première ligne sont en effet données par la relation du second degré

$$\nu = 22168,825 - 1503,65p + 19p^2,$$

dans laquelle p prend les valeurs 3, 2, 1, 0 successivement.

Les deux bandes 4393 et 4123 prennent place sur une seconde ligne en

présentant, par rapport à la première, une différence constante de 2081 dans les valeurs des fréquences.

D'après la théorie des spectres de bandes, on en conclut que la bande 4511 a le même état initial que celles qui sont sur la même ligne, que 4123 a le même état initial que 4393, et que d'autre part 4511 et 4123 ont même état final, comme il en est de 4835 et 4393. Ces conclusions se vérifient d'ailleurs par la comparaison des différences de fréquence entre termes correspondants des suites.

En résumé, les bandes 4511 et 4123 de l'oxyde de carbone ont une structure plus complexe que les bandes de Hultén, mais possèdent les mêmes suites et appartiennent au même ensemble.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'oxydabilité des substances organiques.* Note de M. G. **Lejeune**, présentée par M. Jean Perrin.

Jusqu'à présent le mécanisme de l'oxydation chimique a été laissé de côté, les chimistes ayant seulement cherché les meilleures conditions de rendement pour préparer divers produits d'oxydation.

Or l'oxydation se développe avec une vitesse finie, mais la complexité des facteurs qui l'influencent ne permet pas généralement de déterminer le processus du phénomène. Il semblait par suite intéressant de fixer l'action de différents facteurs : acidité, concentration, température.

Pour simplifier le problème en diminuant le nombre des facteurs agissant sur la vitesse, les conditions suivantes se sont montrées efficaces : travailler à température constante, avec une dilution suffisante des réactifs pour éviter l'auto-catalyse provenant des produits de décomposition des corps réagissants et surtout opérer en présence d'une solution d'acidité constante, de pH déterminé, pour éliminer l'action prépondérante de la variation de l'acidité.

L'étude de l'oxydation des alcools primaires, alcools secondaires, aldéhydes et cétones a été effectuée dans ces conditions en présence de permanganate et de chromate, les réactifs étant à une concentration $\frac{M}{100}$, les solutions-tampons employées étant, en milieu alcalin, des solutions moléculaires de carbonate ou de bicarbonate de potasse, en milieu acide une solution moléculaire d'acide sulfurique.

Cette méthode conduit aux résultats expérimentaux suivants :

1° Pour les différents alcools primaires (méthylique, éthylique, propylique, butylique, amylique) on observe :

a. En milieu alcalin, une réaction *monomoléculaire* (ne dépendant que de la concentration de l'alcool) ;

b. En milieu acide, une réaction d'*ordre intermédiaire entre zéro et* 1 (la vitesse de réaction croît, passe par un maximum puis décroît ensuite) ;

c. En milieu acide, en présence d'acide acétique, une réaction *bimoléculaire* (dépendant des concentrations de l'alcool et du chromate).

2° Pour les alcools secondaires (isopropylique, isobutylique, isoamylique) on observe :

a. En milieu alcalin, une réaction *monomoléculaire* ne dépendant que de la concentration de l'alcool;

b. En milieu acide, une réaction *bimoléculaire* dépendant des concentrations de l'alcool et du permanganate.

3° Pour les aldéhydes (éthylique, propylique, butylique) en milieu acide en présence de chromate, une réaction *bimoléculaire* dépendant des concentrations de l'aldéhyde et du chromate. En présence de permanganate l'ordre de la réaction n'a pu être déterminé, la vitesse d'oxydation étant trop grande.

4° Pour les cétones (acétone, méthyléthylcétone, méthylpropylcétone, dipropylcétone) on observe en milieu alcalin et en milieu acide une réaction d'*ordre intermédiaire entre zéro et* 1 (se rapprochant de l'ordre zéro, la vitesse reste constante pendant la moyenne partie de la réaction).

Ces résultats montrent la complexité du phénomène observé mais ils peuvent néanmoins s'expliquer d'une façon assez simple : il suffit de supposer que dans la solution se produisent les réactions suivantes :

I. Substance $\rightleftharpoons$ complexe.

II. Complexe $\rightleftharpoons$ forme activée directement oxydable.

III. Forme activée + oxydant $\rightarrow$ produits d'oxydation.

Ce qui revient à dire que les substances étudiées ne sont pas directement oxydables; pour réagir elles forment d'abord un complexe avec le solvant, ce complexe pouvant passer à un état activé directement oxydable.

Les trois cas observés s'expliquent de la manière suivante :

1° Les réactions I et III s'effectuent avec des vitesses très grandes vis-à-vis de la vitesse de la réaction II. Cette dernière est seule apparente, la réaction observée est monomoléculaire (alcools primaires et secondaires en milieu alcalin).

2° Les réactions I et II s'effectuent avec des vitesses de même ordre de grandeur mais faibles vis-à-vis de la vitesse de la réaction III. Ces deux premières réactions sont seules apparentes, l'ordre de la réaction se rapproche de zéro (alcools primaires en milieu acide et cétones).

3° Les réactions I et II s'effectuent avec des vitesses relativement grandes vis-à-vis de la vitesse de la réaction III. On n'observe que cette dernière, c'est-à-dire la

réaction d'oxydation proprement dite (alcools secondaires et aldéhydes en milieu acide, alcools primaires en milieu acide en présence d'acide acétique).

Ces résultats sont en accord avec les conclusions de M. Victor Henri qui a montré, par l'étude des spectres infrarouges, l'existence d'une combinaison entre l'eau et l'aldéhyde au cours de l'oxydation.

Pour toutes ces réactions le coefficient de température est voisin de 2 (il varie de 1,6 à 2,6) entre 25° et 35°; la vitesse d'oxydation en milieu acide s'intercale entre les vitesses d'oxydation en milieu alcalin, en présence de carbonate et de bicarbonate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La cémentation des alliages ferreux par l'aluminium.* Note [1] de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

Après avoir essayé les différents systèmes de cémentation des alliages ferreux par l'aluminium (immersion dans des bains d'aluminium pur ou d'alliages, électrolyse, action de chlorure d'aluminium gazeux, pulvérisation métallique, action d'un mélange de poudre d'aluminium, d'alumine et de chlorure d'ammonium en four tournant), je me suis arrêté au procédé par cémentation dans le ferro-aluminium pulvérisé, cette méthode étant la plus constante et la plus rapide.

Les conditions expérimentales ont été les suivantes : éprouvettes plates de 70^{mm} de longueur et de section 12 sur 3^{mm}; cémentées dans une poudre de ferro-aluminium, en tube fermé et luté; à cette poudre, était ajouté environ 0,5 pour 100 de chlorure d'ammonium pour décaper les surfaces métalliques, chasser l'air inclus dans le tube, et aider à l'opération par formation de chlorure d'aluminium. Le chauffage était effectué dans un four à moufle ordinaire; la poudre répondait très approximativement à la combinaison $FeAl^3$, ce qui rend facile la pulvérisation (tamis de $\frac{3}{10}$).

J'ai effectué des examens micrographiques sur environ 150 éprouvettes, en faisant varier les différents facteurs du traitement; l'efficacité de la protection a été étudiée directement par des essais de tenue au chauffage, à 1000°, dans un four à moufle, en atmosphère nettement oxydante (toutes portes ouvertes), les résultats en étant également contrôlés par micrographie.

Le plus grand nombre des essais a porté sur la cémentation de l'acier

---

[1] Séance du 8 mars 1926.

extra-doux au carbone; les résultats théoriques peuvent être résumés comme suit : le diagramme présentant deux domaines de solution solide, l'un issu de la combinaison $FeAl^3$, l'autre allant de 65 pour 100 de fer à 100 pour 100, il se forme deux couches très nettes de solution en surface des pièces; une couche extérieure de la solution $FeAl^3$, généralement mince (inférieure à $\frac{1}{10}$ de millimètre) et poreuse, toujours fragile et irrégulière; et une couche intérieure résistante, très continue et opaque, d'épaisseur bien constante, du moins lorsque l'opération est effectuée dans de bonnes conditions. Le chauffage ultérieur des éprouvettes nues provoque un développement des deux couches; la couche extérieure se gonfle, devient de plus en plus poreuse et se désagrège rapidement, après avoir nourri dans une certaine mesure la couche interne; cette dernière, elle, se développe par diffusion vers l'intérieur, jusqu'à ce qu'il y ait continuité absolue de composition chimique jusqu'à la ferrite; la cémentation dépasse alors parfois 1^{mm} d'épaisseur.

Le phénomène de cémentation du fer par le chlorure d'aluminium gazeux a déjà été étudié par Edwin Dudley Martin [1]; dans le traitement au contact de ferro-aluminium contenant un peu de chlorure d'ammonium, il se produit, et ceci d'autant mieux que la température est plus élevée, une accélération de l'opération, soit par suite de cémentation solide par contact, soit en raison de la reproduction continue de chlorure d'aluminium naissant au contact de la pièce à cémenter, l'atténuation de l'effet de dissociation du chlorure au contact d'une surface de plus en plus chargée en aluminium, étant ainsi combattue; le chlorure gazeux produit d'ailleurs une cémentation d'aspect extérieur lisse et brillant, tandis que le traitement par la poudre de ferro-aluminium donne une surface mate et rugueuse.

Le temps de cémentation a naturellement une influence très nette; à 900° par exemple, un traitement d'une heure a donné une couche interne de $\frac{5}{100}$ de millimètre, qui a entraîné une tenue à 1000° en atmosphère oxydante de 87 heures; après 8 heures de cémentation, la couche interne obtenue était de $\frac{32}{100}$, et les premières pointes d'oxyde de fer n'ont apparu sur l'éprouvette qu'au bout de 241 heures; dans chacun de ces cas, la couche interne, en fin de chauffage, avait atteint des épaisseurs respectives de $\frac{42}{100}$ et $\frac{105}{100}$ de millimètre.

Au point de vue température de traitement, j'ai constaté une cémentation dès 650°, mais elle est alors extrêmement lente; pour des traitements

---

[1] Thèse de la Faculté des Sciences de Nancy, 17 novembre 1924.

de 4 heures j'ai obtenu des épaisseurs de couche intérieure de : $\frac{41}{100}$ à 900°, $\frac{46}{100}$ à 950°; $\frac{26}{100}$ à 1000°, $\frac{47}{100}$ à 1050°.

J'ai calculé les constantes de l'équation de Weiss [1], donnant la vitesse de formation de la solution solide interne, au cours du traitement de cémentation (θ = temps en heures, T = température absolue), d'après les résultats moyens obtenus pour l'obtention d'une épaisseur de $\frac{32}{100}$ de millimètre :

$$\frac{1}{\theta} = 6,323 \times 10^{-4} + 1,0059^{T}.$$

La composition chimique de la poudre de ferro-aluminium n'a pas d'influence sensible entre 40 et 50 pour 100 de fer en poids; mais son vieillissement est très net, surtout après cinq ou six usages successifs dans des cémentations de 4 heures à 900 et 950°.

La tenue à chaud est naturellement influencée par l'épaisseur initiale des couches et par la fraîcheur de la poudre; certaines de mes éprouvettes ont dépassé 300 heures de chauffage, avant qu'un début d'oxydation apparaisse. La tenue par rapport à celle du métal nu est d'autant plus considérable que la température est moins élevée; aussi, la méthode ne présente-t-elle guère d'intérêt, à mon avis, au-dessus de 1100°.

L'acier dur se cémente beaucoup moins vite; c'est ainsi qu'une éprouvette d'acier eutectoïde, cémentée 4 heures à 900°, n'a tenu que 80 heures au chauffage ultérieur.

La fonte grise donne des résultats encore moins bons, les couches produites étant très minces et se désagrégeant rapidement; une cémentation de 4 heures à 975° a assuré seulement une protection de 27 heures.

Enfin, les couches de solution solide, même interne, et même dans le cas de l'acier extra-doux, ne sont pas malléables en surface, la tenue extérieure de la couche interne étant certainement affectée par le voisinage de la combinaison Fe^2Al^3; un forgeage après cémentation ou des chocs violents produisent donc une altération rapide au cours du chauffage oxydant.

---

[1] Weiss, *Thèse*, Paris, 1923, p. 85.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures d'étain, arsenic, antimoine, bismuth, silicium, titane.* Note de M. T. **Karantassis**, présentée par M. G. Urbain.

P. Walden (¹) a constaté que lorsqu'on cherche à déterminer le poids moléculaire de I^4Sn dans Br^3As, les résultats obtenus montrent qu'il se produit une réaction augmentant le nombre des molécules. Il peut y avoir ionisation, dissociation ou double décomposition; nous avons cherché à isoler les produits formés pour vérifier laquelle de ces hypothèses est la vraie.

Les premiers essais ont montré qu'il ne saurait s'agir d'une dissociation qui aurait libéré de l'iode, immédiatement reconnaissable à sa couleur. D'autre part on peut réunir les deux autres possibilités en admettant une ionisation réciproque suivie d'une double décomposition. Ce dernier phénomène doit toutefois être total, c'est-à-dire se poursuivre dans la molécule jusqu'au remplacement des 4I de I^4Sn par 4Br, car une étude de V. Auger (²) a montré qu'il n'existe pas de composés halogénés mixtes de l'étain tels que $I^xBr^{4-x}Sn$.

La réaction devait être ainsi : $4Br^3As + 3I^4Sn = 4I^3As + 3Br^4Sn$. On l'a vérifié comme suit : le mélange des substances est chauffé dans un petit ballon à distiller dans un bain de nitrates alcalins fondus; pour éviter l'action de l'air on opère dans un courant de CO^2. On recueille d'abord la portion qui passe de 220° à 240°, puis celle qui passe au-dessus jusqu'à 310°. Les deux distillats déposent des cristaux qui ont été isolés et analysés; ceux de la première portion ont donné :

		Calculé pour I^3As.
As pour 100	17,18	16,44
I »	74,9	83,5
Sn »	1,52	»
Br »	6,4	»

La partie liquide était formée par le bromure stannique qu'on a identifié par son point d'ébullition. La deuxième portion a cristallisé sans fournir de partie liquide, et sa composition était celle de I^3As contenant 2,48 pour 100 de Br provenant d'un peu de Br^4Sn.

(¹) P. Walden, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, 29, 1902, p. 371.

(²) V. Auger, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 860.

La double décomposition peut être considérée comme étant très avancée dans le sens → mais toutefois incomplète.

Il était à prévoir que ce genre de réactions ne serait pas spécial aux deux composés étudiés, mais que le phénomène de double décomposition serait tout à fait général avec les halogénures des métaux du groupe de l'arsenic, et ceux des métaux du groupe de l'étain : c'est pourquoi nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés de l'antimoine et du bismuth d'une part, de l'étain, du silicium, du zirconium, du titane, d'autre part.

Trichlorure d'arsenic et iodure stannique. — En opérant comme précédemment, on obtient une portion de tête passant entre 115°-134°, formée d'un liquide fumant à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est du Cl^4Sn. Le résidu ne distille qu'à 345° : c'est du I^3As. Un second essai effectué avec un excès de Cl^3As, en employant poids égaux des composés, a montré qu'il y avait environ 42 pour 100 de Cl^4Sn dans la première portion et 48 pour 100 de I^3As dans la seconde. Pour contrôler si la réaction est réversible, on a fait un essai en faisant réagir I^3As sur Cl^4Sn, molécule à molécule. Le premier distillat a donné un mélange contenant 54 pour 100 de Cl^3As et 46 pour 100 Cl^4Sn. La pesée des produits formés a montré que c'est I^4Sn qui prédomine : en effet, avec $9^g,12$ de I^3As et $3^g,9$ Cl^4Sn, on a isolé $7^g,62$ de I^4Sn pur au lieu de $9^g,4$ qui seraient formés si la réaction était totale.

Trichlorure d'antimoine et iodure stannique. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction $4Cl^3Sb + 3I^4Sn = 4I^3Sb + 3Cl^4Sn$ est portée dans le sens → et l'on isole facilement le Cl^4Sn formé; toutefois elle n'est pas totale, car il distille en même temps Cl^3Sb dans la proportion d'environ 34 pour 100 dans la portion de tête.

Pentachlorure d'antimoine et iodure stannique. — Comme il fallait s'y attendre, on observe une vive réaction des composants : il se dépose de l'iode formé d'après $2Cl^5Sb + I^4Sn = 2Cl^3Sb + Cl^4Sn + 2I$; en outre la double décomposition observée plus haut se produit avec l'excès de I^4Sn et Cl^3Sb.

Chlorure de bismuth et iodure stannique. — La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^3Bi. On s'en est assuré en constatant que le système inverse I^3Bi et Cl^4Sn ne réagit absolument pas ; on distille dans la première fraction tout le Cl^4Sn employé.

Chlorure de plomb et iodure stannique. — Là encore la réaction est totale dans le sens de la formation de I^2Pb.

Tétrachlorure de titane et iodure stannique. — Il ne se produit aucune

réaction entre ces composés, mais si l'on opère inversement, c'est-à-dire en faisant réagir I^4Ti et Cl^4Sn, il se produit une vive réaction accompagnée d'échauffement notable, et l'échange des halogènes est complet avec formation de $I^4Sn + Cl^4Ti$.

Ces premiers essais nous montrent que l'échange de I contre Br ou Cl s'effectue toujours lorsque l'iode est combiné à l'élément dont le caractère métalloïdique est le plus accentué et que la réaction est d'autant plus complète que les éléments sont plus caractérisés l'un comme métal, l'autre comme métalloïde. Cette conclusion sera vérifiée par l'étude des doubles décompositions qui auront lieu avec les dérivés halogénés du zirconium et du thorium.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de petites quantités de potassium.* Note de MM. **Maurice Delaville** et **Paul Carlier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La méthode de dosage que nous décrivons repose sur la précipitation du potassium à l'état de nitrite de cobalt et de potassium et sur le dosage du cobalt de ce nitrite.

Le technique utilisée est la suivante :

Dans un tube à centrifuger cylindro-conique d'une capacité de 10^{cm^3} on met une quantité exactement mesurée de la solution potassique, on ajoute de 4 à 5^{cm^3} du réactif nitro-cobaltique, préparé au moment de l'usage en mélangeant :

4^{cm^3} d'une solution renfermant 50^g de nitrate de cobalt, 25^{cm^3} d'acide acétique et 100^{cm^3} d'eau distillée, et 20^{cm^3} d'une solution contenant 120^g de nitrite de sodium et 180^{cm^3} d'eau distillée.

Après une demi-heure de contact, on centrifuge à grande vitesse pendant 10 minutes, on décante le liquide surnageant en le siphonnant doucement de façon à ne pas entraîner de précipité ; on lave à l'eau distillée ce précipité, on centrifuge à nouveau et l'on répète la série d'opérations ci-dessus jusqu'à ce que l'eau de lavage soit parfaitement incolore ; en général trois à quatre lavages suffisent.

Après le dernier lavage, on dissout à chaud le précipité dans 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique, on verse cette solution dans une capsule de porcelaine, on la neutralise à l'ammoniac, puis on précipite le cobalt par addition de 2^{cm^3}

d'une solution à 4 pour 100 de nitroso-β-naphtol; le cobalto-nitroso-naphtol est filtré sur un filtre sans cendres et incinéré dans un micro-four de Pregl.

Le dosage du potassium se trouve ainsi ramené au dosage du cobalt contenu dans le cobalto-nitrite de potassium.

Il nous a fallu mettre au point un micro-dosage du cobalt.

En raison des nombreuses analogies chimiques existant entre le fer et le cobalt, nous avons pensé, pour doser le cobalt, utiliser une méthode analogue à celle que Fontés et Thivolle [1] ont décrite pour le dosage du fer.

La technique utilisée est la suivante :

Le cobalt est précipité, comme nous l'avons dit ci-dessus, par le nitroso-β-naphtol; le précipité est filtré puis placé dans une nacelle de quartz ou de platine, il est ensuite incinéré dans un micro-four de Pregl; l'oxyde de cobalt, résidu de l'incinération, est réduit dans un courant d'hydrogène pur et sec à une température ne dépassant pas 600°; après refroidissement dans le courant d'hydrogène, la nacelle est reçue dans le réactif phosphorique-molybdique préparé suivant la formule de Fontés et Thivolle [1]. L'oxyde bleu de molybdène MoO^2 formé est titré au permanganate; le virage, très net du bleu à l'incolore, donne une grande précision à la méthode.

Ce dosage repose sur les réactions suivantes :

$$Co + MoO^3 = CoO + MoO^2,$$
$$MoO^2 + O = MoO^3.$$

On voit qu'un atome d'oxygène correspond à 59^g de cobalt; connaissant le titre en oxygène de la solution de permanganate, il est facile de déterminer son titre en cobalt.

Nous avons dosé le cobalt contenu dans des solutions titrées. Voici quelques-uns de nos résultats :

Cobalt contenu dans la prise d'essai, en milligr.	Cobalt trouvé.	Erreur pour 100.
1,208	1,216	+0,66
1,208	1,196	−0,99
0,581	0,588	+1,2
0,581	0,582	+0,17
0,388	0,383	−1,28
0,248	0,241	−2,82

[1] FONTÈS et THIVOLLE, *La molybdomanganimétrie. Application au dosage du fer* (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 5, 1923, p. 325-340).

L'application du dosage du cobalt au dosage du potassium est très simple; la formule du cobaltonitrite de potassium $Co(NO^2)^6K^2Na$ montre qu'à 59g de cobalt correspondent 78g de potassium.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous quelques résultats d'analyses effectuées sur des solutions pures :

Potassium contenu dans la prise d'essai, en milligr.	Potassium trouvé.	Erreur pour 100.
1,053	1,058	+0,28
1,053	1,032	−1,89
0,514	0,525	+2,1
0,514	0,507	−1,3
0,139	0,141	+1,4
0,243	0,245	+0,8

Conclusions. — Dans la présente Note nous décrivons un procédé de dosage permettant l'évaluation de quantités de potassium allant de un dixième de milligramme à quelques milligrammes avec une erreur ne dépassant pas 3 pour 100.

Nous avons utilisé ce dosage non seulement pour le dosage de solutions pures, mais encore pour la détermination du potassium dans les milieux biologiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de la harmaline et de la bromoharmaline.* Note de MM. V. **Hasenfratz** et R. **Sutra**, présentée par M. Ch. Moureu.

La harmaline $C^{13}H^{14}N^2O$ et la harmine $C^{13}H^{12}N^2O$ sont deux alcaloïdes qui existent, en proportions égales, dans les graines du *Peganum harmala*. Par hydrogénation, ces deux bases donnent le même produit de réduction $C^{13}H^{16}N^2O$, qui peut être considéré comme une dihydroharmaline ou une tétrahydroharmine : elles ont donc la même structure moléculaire. S'il en est ainsi on doit pouvoir passer de la harmaline à la harmine par une oxydation ménagée.

L'expérience prouve, en effet, que cette transformation est obtenue en employant comme agents oxydants l'acide azotique [1] ou le permanganate de potassium [2]. Toutefois ces réactions ont été effectuées sur de petites

---

[1] O. Fischer, *Berichte D. C. G.*, **22**, 1889, p. 640.

[2] O. Fischer, *Berichte D. C. G.*, **30**, 1897, p. 2482.

quantités de matière et elles ne donnent qu'une faible proportion de harmine, par suite d'une oxydation tantôt incomplète, tantôt poussée trop loin.

Nous avons repris cette question et montré qu'il est possible d'arrêter l'oxydation au stade harmine avec un rendement voisin de la théorie.

L'expérience a été conduite dans les conditions suivantes : on chauffe, en présence d'acide chromique, une solution chlorhydrique de chlorhydrate de harmaline; l'oxydation est terminée au bout d'une demi-heure. On ajoute alors du chlorure de sodium qui provoque la précipitation du chlorhydrate de harmine obtenu, insoluble dans l'eau salée. On essore et on purifie le chlorhydrate par une dissolution dans l'eau, suivie d'une nouvelle précipitation par le sel. La solution de chlorhydrate de harmine, décolorée par le noir animal, est traitée à chaud par l'ammoniaque : la harmine précipite sous forme de longues aiguilles incolores. Cette base, dissoute dans l'eau acidulée, montre la fluorescence violette caractéristique des sels de harmine, alors que la harmaline, dans les mêmes conditions, manifeste une fluorescence verte.

300g de harmaline, traités en une seule opération, ont donné 258g de harmine, soit 86 pour 100 du rendement théorique : nous avons donc à notre disposition un excellent procédé de préparation de la harmine en utilisant la harmaline comme matière première.

En présence de ces bons résultats, nous avons appliqué la même méthode d'oxydation à la bromoharmaline. L'un de nous [1] a déjà montré que la harmaline, traitée par le brome en solution dans l'acide acétique, donne un dérivé monobromé $C^{13}H^{13}N^2OBr$, tandis que la harmine, dans les mêmes conditions, fournit deux dérivés monobromés isomères $C^{13}H^{11}N^2OBr$: la bromoharmine et l'isobromoharmine.

La bromoharmine, P. F. 275°, forme des sels (chlorhydrate, bromhydrate, sulfate) solubles dans l'eau chaude et dont les solutions, par refroidissement, se prennent en masses gélatineuses. L'isobroharmine fond à 203° et ses sels bien cristallisés sont difficilement solubles, même dans l'eau bouillante.

Il était intéressant de connaître le produit d'oxydation de la bromoharmaline afin d'établir la relation entre cette base et l'un des dérivés bromés de la harmine.

---

[1] V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 215.

Le mode opératoire est quelque peu différent du précédent par suite de l'insolubilité des chromates des bases bromées.

La solution chlorhydrique de chlorhydrate de bromoharmaline, additionnée d'acide chromique, donne un précipité floconneux jaune orangé de chromate de bromoharmaline. On chauffe le mélange au bain-marie pendant une heure. Le chromate, sous l'action de l'excès d'oxydant, se transforme en un corps pulvérulent jaune clair. Celui-ci, recueilli, est décomposé par la potasse alcoolique chaude; la base libérée se dissout dans l'alcool et le chromate de potassium reste en suspension.

Après filtration, la liqueur alcoolique chaude, additionnée de son volume d'eau, laisse déposer par refroidissement des cristaux aiguillés d'un dérivé bromé de la harmine. Ce corps fond à 203°; ses sels, bien cristallisés, sont peu solubles et ne forment pas de gelées en solution aqueuse froide : nous sommes donc en présence de l'isobromoharmine.

Cette oxydation de la bromoharmaline est le meilleur procédé de préparation de l'isobromoharmine, car celle-ci ne se forme qu'en petite quantité par bromuration directe de la harmine, à côté de la bromoharmine qui est le produit principal de la réaction.

En résumé, il est très facile de passer de la harmaline à la harmine par une simple oxydation, ce qui constitue une preuve certaine de l'identité de structure de deux alcaloïdes du *Peganum harmala*. De plus, la transformation de la bromoharmaline en isobromoharmine montre que, dans ces deux dérivés, le brome se rattache au même atome de carbone de l'édifice moléculaire qui les constitue.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur une nouvelle synthèse de la phénylrosinduline.* Note de MM. **R. Lantz** et **A. Wahl**, présentée par M. Matignon.

La phénylrosinduline est un colorant qui, malgré son ancienneté, a conservé quelque intérêt, car ses dérivés sulfonés, les azocarmins, possèdent entre autres d'excellentes qualités d'unisson.

Sa préparation, décrite tout d'abord dans le brevet allemand 45 370 de 1888, résulte de l'action de l'aniline et de son chlorhydrate sur l'anilino-naphtoquinone-anilide (phénylamino-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1.4) (I) ou sur les composés pouvant lui donner naissance. L'étude

de cette réaction fut entreprise par Fischer et Hepp ([1]) à la suite de leur travail magistral sur les indulines. Ayant isolé dans les diverses réactions qui fournissent les indulines un produit intermédiaire, l'azophénine, qui est le générateur de ces colorants, ils appliquèrent ces mêmes réactions aux dérivés de la naphtaline. Ils observèrent, dans ce cas, la formation d'anilinonaphtoquinone anilide et furent conduits à considérer, par analogie, ce composé comme générateur des rosindulines, par l'intermédiaire du dérivé triphénylaminé :

O N

NH $\xrightarrow{+NH^2.C^6H^5}$ N

N N

C^6H^5 C^6H^5 C^6H^5 C^6H^5

(I).

La constitution de la rosinduline, de la phénylrosinduline et de la rosindone, donnée par ces savants, fut confirmée dans la suite par Kehrmann et ses élèves ([2]) qui en réalisèrent la synthèse directe. Il fut établi plus tard que les rosindulines se forment dans un grand nombre de réactions fort complexes, comme les fusions d'amino-azoïques, dérivés des naphtylamines et des naphtols et que cette formation est même plus aisée qu'au départ de l'anilinonaphtoquinone anilide elle-même ([3]). Ce fait s'explique, d'ailleurs, quand on connaît la faible réactivité que présente dans cette molécule, ou dans des molécules analogues, l'oxygène cétonique situé en position I. Ainsi, l'anilinonaphtoquinone (oxy-2-phénylimino-4-naphtoquinone-1) (II), dont la constitution est similaire, échange difficilement son oxygène cétonique. Mais il en est tout autrement de la fonction phénolique qui lui est immédiatement voisine. Il suffit de chauffer cet anilide avec de l'aniline pour y remplacer, avec la plus grande facilité, OH par le reste de l'amine,

---

([1]) Fischer et Hepp, *Ann. Chem.*, 256, 1889, p. 233.

([2]) Kehrmann et Hertz, *Ann. Chem.*, 290, 1896, p. 247. — Kehrmann et Locher, *Berichte*, 29, 1896, p. 2072; 31, 1898, p. 2428. — Kehrmann et Messinger, *Berichte*, 24, 1891, p. 587. — Voir aussi D. R. P. 79564.

([3]) Fischer et Hepp, *Ann. Chem.*, 262, 1890, p. 237.

tandis que le groupe cétonique demeure lui-même inaltéré ([1]) :

O O
|| ||
— OH → — NH.C^6H^5
|| ||
NC^6H^5 NC^6H^5
(II).

Cette mobilité particulière du groupe hydroxyle se retrouve dans l'isomérisation de l'anilino-β-naphtoquinone en milieu acétique bouillant ([2]) dont le mécanisme admis par Liebermann et Jacobson consiste dans la substitution du reste phénylaminé à l'hydroxyle de l'oxy-2-naphtoquinone-1.4 formée au cours de la réaction ([3]).

Or, nous avons décrit ([4]) un isomère de l'anilinonaphtoquinone anilide dans lequel se trouve précisément une fonction phénolique voisine de la liaison quinonique. Il nous a semblé qu'un tel composé [formule (III)] devait, par analogie, entrer aisément en réaction avec l'aniline et qu'il y avait là une possibilité d'arriver facilement aux rosindulines par une réaction régulière et simple. L'expérience nous a montré qu'il en est bien ainsi. Il suffit d'introduire par petites portions l'oxy-2-diphényliminonaphtoquinone-1.4 dans un excès d'aniline chauffée vers 160-180°, en présence d'un catalyseur comme l'acide benzoïque ou le chlorure de zinc pour qu'on constate la formation de phénylrosinduline. On peut suivre les progrès de la réaction par le changement de coloration que donne une goutte du produit avec l'acide sulfurique concentré; la couleur vire du brun sale au vert. La réaction globale, si l'on ne tient pas compte des phases intermédiaires, peut s'écrire

NC^6H^5 —(+$NH^2.C^6H^5$)→ N
C^6H^5N OH C^6H^5N + H^2O + H^2
(III). N
|
C^6H^5

([1]) Zincke, *Berichte*, 15, 1882, p. 481.
([2]) Zincke, *Berichte*, 14, 1881, p. 1492.
([3]) Liebermann et Jacobson, *Ann. Chem.*, 211, 1882, p. 73.
([4]) R. Lantz et A. Wahl, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1509.

L'hydrogène formé exerce une action réductrice préjudiciable aux rendements, mais elle peut être évitée si l'on a soin de faire barboter dans la masse un courant d'air assez rapide. Dans ces conditions, il est facile d'isoler la base de la phénylrosinduline qu'une cristallisation permet de purifier; l'analyse fournit alors les chiffres suivants, pour 100 : C = 84,5; H = 5,3; N = 10,6. Théorie pour $C^{28}H^{19}N^{3}$: C = 84,6; H = 4,8; N = 10,6.

La sulfonation du produit brut donne directement un azocarmin très pur.

LITHOLOGIE. — *Sur l'origine éruptive des gneiss basiques de Djabataouré* (*Togo*). Note de M. H. **Arsandaux.**

Chargé de mission par le Gouvernement du Togo, j'ai visité, au cours de l'hiver 1924-1925, le massif de Djabataouré, dans lequel existe une puissante masse de gabbro présentant de nombreuses intercalations au milieu d'une importante formation de roches à texture orientée, que le géologue Kœrt considère comme les formes orthogneissiques des roches éruptives auxquelles elles sont associées [1]. Mes observations me font partager cette opinion; toutefois, afin de tenter d'appuyer celle-ci d'arguments plus précis, j'ai fait l'étude chimique de quelques-unes des roches de Djabataouré, sur les résultats de leurs analyses en bloc, exécutées par M. Raoult.

Aux types gabbroïques et gneissiques analysés correspondent respectivement : un gabbro à grain grossier, à structure grenue (E^1), un gabbro à grain moyen, dont la structure marque une tendance nette vers la structure intersertale (E^2), une diabase dont je ne saurais certifier l'origine filonienne (E^3), et une amphibolite leucocrate à structure cataclastique, roche feldspathique dont la texture orientée est peu distincte (S^1), une amphibolite pyroxénique (diopside) et feldspathique, à zoïsite, roche nettement rubanée, dont la structure accuse une tendance vers la structure granoblastique (S^2), une amphibolite feldspathique, roche mélanocrate et schisteuse (S^3).

Les résultats des analyses en bloc de ces roches sont exposés ci-après, ainsi que leurs formules magmatiques, avec les moyennes analytiques relatives à chacun des deux groupes de roches, éruptif ou gneissique.

---

[1] W. Kœrt, *Geologische Karte von Togo mit Begleitworten. In* H. Meyer : *Das deutsche Kolonialreich*, II, 1910.

	E^1.	E^2.	E^3.	S^1.	S^2.	S^3.	ΣE : 3.	ΣS : 3.
SiO^2....	48,52	47,96	47,68	48,22	48,36	46,26	48,05	47,61
Al^2O^3...	19,44	19,09	17,51	22,79	18,28	16,83	18,68	19,30
Fe^2O^3...	1,80	2,03	2,62	2,62	1,04	4,39	2,15	2,68
FeO.....	4,21	5,59	7,22	3,80	4,74	7,33	5,67	5,29
MgO....	8,15	9,36	8,53	4,08	8,40	6,69	8,68	6,39
CaO	14,22	12,66	11,50	13,28	15,50	10,78	12,79	13,19
Na^2O....	2,57	2,21	2,67	3,25	2,46	3,60	2,48	3,10
K^2O	0,28	0,45	0,35	0,40	0,34	0,63	0,36	0,46
TiO^2....	0,45	0,43	1,52	1,04	0,40	2,40	0,80	1,28
P^2O^5....	0,05	0,04	0,23	0,23	0,25	0,47	0,11	0,32
+......	0,36	0,36	0,25	0,24	0,17	0,37	0,32	0,26
—......	0,10	0,09	0,14	0,11	0,11	0,08	0,11	0,10
MnO....	0,08	0,10	0,14	0,06	0,14	0,13	0,11	0,11
Total..	100,23	100,37	100,36	100,12	100,19	99,96	100,31	100,09
	(II)III 1'	(II)III 1(2)	'III '2	II 2	III 1	'III 2	(II)III 1(2)	(II)III (1)2
	5 2	5 3	5 (2)3	5 2	'5 2	5 2(3)	5 '3	5 2
	4 2	4 2	4 2	4' 2	4 2'	3(4) 2	4 2	4 2'
	'5 2	(4)5 2	5 2'	5 2(3)	'5 2	(4)5 (2)3	'5 3	(4)5 2'

	ΣE : 3.	ΣS : 3.
Comp. virt.		
orth. + *ab*.	22,13	22,17
An.	38,64	37,25
Néphéline.	0,57	3,69
Diopside.	19,79	21,22
Olivine.	13,94	8,74
Minerai.	4,66	5,31
an : (*ab* + *an*)	0,66	0,66

L'examen de ces données numériques conduit à émettre la même opinion que précédemment; de plus, il semble en résulter que dans le passage des gabbros aux gneiss, il n'a dû intervenir que des transpositions moléculaires. Toutefois cette dernière conclusion ne doit pas être adoptée sans réserve, car on ne peut comparer strictement, à ce point de vue, l'analyse d'un gneiss, à celle de la roche éruptive dont il est supposé dériver, que dans le cas exceptionnel où on les recueille dans le même corps géologique. Une telle correspondance existerait, par exemple, si l'on pouvait comparer le magma de Djabataouré, en l'absence supposée de toute variation de celui-ci, au gneiss théorique unique qui en serait l'équivalent dans la série des schistes cristallins, opération qui reviendrait à comparer des moyennes analytiques concernant les gabbros et les gneiss, et obtenus à l'aide de nombreux échantillons choisis aussi divers que possible.

Dans le cas présent, si les échantillons analysés sont bien aussi divers que possible, ils sont peu nombreux et je ne donne le résultat de cette comparaison qu'avec réserve (voir les colonnes ΣE : 3 et ΣS : 3).

On voit que le passage des gabbros aux gneiss est corrélatif d'une augmentation relativement appréciable de la teneur en alcalis et d'une diminution notable de celle en magnésie, se traduisant dans les compositions virtuelles de ces roches, par une élévation nette de la proportion de néphéline, et un fort abaissement de celle de l'olivine, tous les autres éléments

essentiels, réels ou virtuels, ne variant, par contre, que dans des limites étroites.

La comparaison des moyennes analytiques a donc conduit ici à faire ressortir une caractéristique distinctive des gabbros et des gneiss, tout en mettant en évidence, bien plus clairement que précédemment, la parenté étroite de ces deux sortes de roches. Si ces derniers résultats ne sont pas uniquement imputables au hasard, ce qui ne me paraît guère admissible, il y a donc lieu de conclure, qu'au triple point de vue géologique, minéralogique et chimique, les roches orientées de Djabataouré sont les équivalents orthogneissiques des gabbros auxquels elles sont associées.

Ces gneiss, profondément distincts des gabbros dont ils sont issus, par la structure et la composition minéralogique, n'en diffèrent que peu au point de vue chimique. Si ces roches métamorphiques se trouvaient dans des conditions propres à provoquer leur fusion, puis leur consolidation sous la forme de roches holocristallines (gabbros), la composition de ceux-ci, par suite d'un déficit de silice, pourrait comporter un peu de néphéline corrélativement à une diminution notable de l'olivine par rapport à celle calculée pour les gabbros originels.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur la flore et le niveau relatif de la couche houillère moyenne de Gages (Aveyron).* Note de M. **Auguste Loubière**, présentée par M. Costantin.

Au nord-est du Rouergue, à la limite des terrains secondaires, est adossée, au pied du massif montagneux des Palanges, une bande assez régulière de terrain carbonifère, courant de l'Ouest à l'Est. On y connaît trois assises charbonneuses, dont l'âge relatif n'a pas encore été précisé.

A Gages, situé un peu en amont de Rodez, le puits de mine Sainte-Marie, traversant le Permien inférieur et moyen, atteint, à 370^m de profondeur, la couche houillère moyenne, la plus puissante et où sont actuellement concentrés les travaux d'exploitation.

Grâce à d'obligeants concours, j'ai pu recueillir, dans les schistes provenant du toit de cette couche, un certain nombre de formes végétales où je distingue :

Parmi les Calamariacées : *Calamites cannaeformis* Schloth., *C. Cisti* Brongn., *Calamocladus equisetiformis* (Schloth.) Schimp., quelques *Annularia elegans* Gr., des *Annularia sphenophylloides* (Zenk.) Gutb. fréquents, beaucoup d'*Annularia stel-*

lata.(Schloth.) Ren. et Zeil.; *Calamostachys tuberculata* (Sternb.) Sew., en nombreux exemplaires, *Macrostachya infundibuliformis* Schimp., *Palæostachya gracilis* (Sternb.) Sew.

En fait de Lycopodiales : *Flegmingites* Carr., en très grand nombre, *Syringodendron bioculatum* Gr.

Dans les Sphenophyllales : beaucoup de *Sphenophyllum oblongifolium* Germ., peu de *Sphen. angustifolium* Germ.

Des types, aussi nombreux que variés, répartis soit dans le groupe des Ptéridospermées, soit dans celui des Filicales. Fréquents et nombreux *Alethopteris Grandini* (Brongn.) Goepp.; grande quantité d'Asterotheca, dont *Asterotheca arborescens* (Schloth.) Ed. Bur., *A. cyathea* Schimp. très abondant avec *Caulipteris peltigera* Brongn. dépendant, *A. euneura* Schimp., *A. hemitelioides* (Brongn.), *A. lepidorachis* (Brongn.), *A. oreopteridia* (Schloth.), *Callipteridium pteridium* (Schloth.) Zeil.; quelques *Cyclopteris fimbriata* Germ. et Kaulf., rares *C. trichomanoides* Brongn.; *Codonospermum anomalum* Brongn.; rares *Dictyopteris Brongniarti* Gutb., nombreux *D. Schützei* Roemer; *Eremopteris Courtini* Ren. et Zeil.; peu de Névropteridées isolées, cependant *Nevropteris cordata* Brongn. et *N. heterophylla* Brongn.; beaucoup d'Odontoptéridées, principalement *Odontopteris Reichiana* Gutb., assez d'*O. minor* Brongn., des *O. genuina* Gr.; *Pecopteris gracillima* Gr., *Ptychocarpus unita* (Brongn.); *Scolecopteris polymorpha* Brongn.); *Sphenopteris Kidstoni* Ren. et Zeil., *Sph. trifoliata* (Artis) Brongn. (= *Sph. nummularia* Gutb.).

Enfin dans les Cordaïtales : *Cordaites borassifolius* (Sternb.) Ung., *C. principalis* (Germ.) Gein., *C. lingulatus* Gr.; *Dorycordaites affinis* Gr., *Poacordaites linearis* Gr., *P. latifolius* Gr., *P. prælongatus* Ren. et Zeil., *P. expansus* Ren. et Zeil. Toutes ces espèces sont nombreuses et mêlées à d'abondants *Carpolithes* et *Cordaicarpes*, tels que *Carp. disciformis* Sternb., *Carp. emarginatus* Goepp.; *Cord. lenticularis* (Presl) Gr., *Cord. eximus* Gr., *Cord. Gutbieri* (Gein.) Gr.

En somme, prise dans son ensemble, cette flore offre les espèces stéphaniennes courantes. Bon nombre d'entre elles se présentent dans le Houiller moyen et se rencontrent dans le Permien; elles n'ont aucune valeur au point de vue chronologique. Mais l'abondance des *Asterotheca* et des *Cordaïtées* indique le Houiller supérieur proprement dit. Ce caractère géognostique se précise encore davantage par le nombre, la fréquence et l'association d'autres espèces, telles que *Alethopteris Grandini*, *Odontopteris Reichiana*, *Annularia stellata*, *Calamostachys tuberculata*, *Dictyopteris Schützei*, etc.

Si l'on compare maintenant cette flore avec celles des trois systèmes du bassin de Decazeville, on remarque qu'elle est plus ancienne que celle du système supérieur ou de Bourran, rangée par Grand'Eury [1] dans son

---

[1] Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France* (*Mém. Sav. étr. Acad. Sc.*, 24, 1877, p. 532).

étage des Calamodendrées et assimilée par von Reinach [1] aux couches supérieures d'Ottweiler, dans le bassin de la Sarre. Par contre, elle est plus récente que celle de l'étage des Cévennes, dans lequel Bergeron [2] classe, sans preuves paléontologiques suffisantes, le système inférieur ou d'Auzits, sur le même plan que les couches de Carmaux, qui vraisemblablement sont à un niveau moins élevé. Cette flore de Gages semble présenter plus d'analogies avec celle du système moyen ou de Campagnac, placé au niveau des couches d'Argentat (Corrèze), de Champclauson (Gard) et des couches moyennes de Saint-Étienne, comprises dans l'ancienne zone des Filicacées.

En résumé, dans cette flore, les formes filicoïdes et celles « que l'on sait ou que l'on soupçonne avoir porté des graines » constituent par leur masse le fond de la végétation, les Cordaïtales sont abondantes. La couche houillère moyenne de Gages me semble donc devoir être située tout à fait à la base du Stéphanien moyen, sinon en partie au sommet de la zone des Cordaïtées.

BOTANIQUE. — *Quelques nouvelles Sapindacées de Madagascar.* Note [3] de M. **P. Choux**, présentée par M. Lecomte.

Des quatorze tribus que comprend la famille des Sapindacées, trois seulement, les Aphaniées, les Mélicoccées et les Cossigniées, ne sont pas jusqu'ici représentées à Madagascar et l'on pourrait peut-être y ajouter également les Néphéliées, dont on ne connaît qu'une seule espèce, introduite, et à fruit comestible, le *Litchi sinensis* Sonn. Par ailleurs, d'autres tribus, comme les Doratoxylées, ne comprennent jusqu'à présent qu'une seule espèce malgache.

Les études que nous poursuivons sur les Sapindacées de Madagascar et dont nous avons déjà fait connaître les premiers résultats dans une Note antérieure [4] nous permettent aujourd'hui de modifier un certain nombre de ces données.

---

(1) Von Reinach, *Das Rothliegende im Süden und Westen des französischen Centralplateaus* (*Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, 44, 1892, p. 243).

(2) Bergeron, *Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau central*, 1889, p. 200. Paris.

(3) Séance du 8 mars 1926.

(4) P. Choux, *Les Cupaniées malgaches* (*Comptes rendus*, 181, 1925, p. 71).

En effet, parmi les Sapindacées récoltées à Madagascar par M. Perrier de la Bâthie, il est tout d'abord deux espèces, que nous croyons nouvelles, et qui nous paraissent devoir rentrer, l'une dans la tribu des Aphaniées et l'autre dans celle des Mélicoccées. Le fait est d'autant plus remarquable qu'à l'exception de quelques *Aphania* de l'Afrique tropicale, les Aphaniées sont toutes de l'Asie et de l'Océanie et que, si les Mélicoccées sont bien connues en Amérique et en Océanie, elles ne paraissent pas jusqu'ici avoir de représentants en Afrique. Nos deux espèces nous semblent, en outre, appartenir l'une et l'autre à des genres nouveaux.

C'est ainsi qu'est une *Aphaniée*, le *Manongarivea Perrieri* nov. sp., arbuste de l'Ambongo, qui, par la consistance du péricarpe de ses fruits, se rapprocherait des genres *Thraulococcus* et *Aphanococcus*, mais qui s'en distingue néanmoins par ses deux carpelles et son embryon presque droit avec radicule punctiforme.

Est par contre une *Mélicoccée*, le *Strophiodiscus Jumellei* nov. sp., arbre de 12 à 15^m de hauteur, à feuilles persistantes, appelé *Volanary* par les indigènes, et dont les fleurs sont bien caractéristiques avec leurs pétales divisés en deux lamelles laissant entre elles une petite poche et avec leur disque en forme de vase oblique. Le *Strophiodiscus Jumellei* paraît être, d'autre part, à Madagascar, une de ces espèces que la déforestation intensive pratiquée dans certaines régions de l'île menace de faire disparaître complètement. M. Perrier de la Bâthie n'en a vu qu'un seul pied dans le village d'Ifasina, au sud-ouest de Vatomandry, et cet individu, planté ou conservé par les habitants, provient certainement de l'ancienne forêt qui couvrait jadis des régions, mais qui est maintenant détruite à 100^{km} à la ronde, par suite des cultures indigènes extensives.

Non moins intéressant est l'*Omalocarpus macrophyllus* nov. sp., arbuste de $0^m,50$ de hauteur, presque toujours simple, rarement bifurqué au sommet, portant des feuilles caduques groupées en bouquet terminal et qui ont sensiblement la même longueur que le tronc lui-même. Or, par son ovaire à trois carpelles bien distincts et ses graines arillées, cet arbuste, polygame androdioïque et qui provient des bois sablonneux secs de l'Ankarafantsika, est très nettement une *Néphéliée*. S'il présente certains traits de ressemblance avec les *Euphoria*, il s'en distingue bien néanmoins par ses pétales appendiculés et par ses étamines plus nombreuses.

D'autre part, à côté du *Filicium abbreviatum* Radlk., qui est l'unique *Doratoxylée* connue jusqu'ici à Madagascar, il nous faut maintenant placer le *Cardiophyllarium apetalum* nov. sp., arbuste de 1 à 2^m de hauteur, à

feuilles caduques et à folioles cordiformes, que l'on trouve dans le Boina et l'Ambongo, ainsi qu'à Mayotte. Ces deux espèces ne sauraient d'ailleurs être confondues, car le *Filicium abbreviatum* a une corolle, qui fait défaut dans le *Cardiophyllarium apetalum*.

Enfin nous signalerons que, si, parmi les *Macphersonia*, bien caractérisés par leurs feuilles composées bipennées, nous avons cru devoir supprimer un certain nombre d'espèces, comme le *M. acutifoliola* Hemsl., que nous rapportons au *M. gracilis* O. Hoffm., le *M. myriantha* Hemsl., qui n'est autre que le *M. madagascariensis* Bl. et enfin le *M. laevis* Radlk., qu'aucun caractère ne nous paraît devoir séparer du *M. Hildebrandtii* O. Hoffm., par contre nous avons cru pouvoir admettre deux nouvelles espèces, le *M. Radlkoferi* et le *M. macrocarpa*. Le premier est un arbre à feuilles persistantes des bois littoraux de la côte Est, entre Mahanoro et Mananjary et où les inflorescences sont des panicules, comme dans le *M. madagascariensis*, mais où ces panicules sont glabres. Le deuxième, de la chaîne du Kalabenono dans la région du Sambirano est assez caractéristique avec son infrutescence longuement pendante de 70^{cm} de longueur, qui porte de gros fruits à péricarpe rugueux.

En résumé, et si l'on ajoute à ces diverses espèces les quelques Cupaniées que nous avons antérieurement signalées ici-même et les nouveaux *Allophylus* que nous avons fait connaître récemment, c'est donc *une quinzaine d'espèces nouvelles de Sapindacées* que nous pouvons mentionner à Madagascar, parmi lesquelles quelques-unes appartiennent à des tribus qui, comme les Aphaniées et les Mélicoccées, n'avaient point jusqu'ici de représentants dans cette île. La tribu des Cossigniées serait donc désormais la seule qui ne serait point connue à Madagascar.

BOTANIQUE. — *Sur l'action des méthodes à imprégnation argentique sur les cellules végétales et sur les relations du vacuome et de l'appareil de Golgi.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

L'assimilation des canalicules de Holmgren décrits dans les cellules animales avec le vacuome observé par colorations vitales au rouge neutre dans les cellules végétales paraît actuellement suffisamment établie par les recherches que nous avons faites sur un grand nombre de Phanérogames et par les travaux plus récents effectués dans les cellules animales par Corti, Parat et Painlevé. Par contre, l'assimilation du vacuome et des canalicules

de Holmgren avec l'appareil réticulaire de Golgi n'est fondée jusqu'ici pour ce qui concerne les cellules végétales que sur nos recherches sur la racine d'Orge et sur un *Saprolegnia*. Étant données les controverses qu'elle a suscitées en cytologie animale, il est donc nécessaire d'étendre les résultats obtenus dans ces deux cas à d'autres végétaux.

Les observations que nous résumerons ici portent sur les végétaux les plus divers, mais principalement sur les cellules épidermiques des jeunes feuilles d'*Iris germanica* et sur le bourgeon d'*Elodea canadensis* qui avaient été antérieurement l'objet d'études vitales détaillées de notre part.

Rappelons que les cellules épidermiques des très jeunes feuilles d'*Iris germanica* offrent un vacuome constitué par de minces canalicules répartis dans tout le cytoplasme et souvent anastomosés en réseau qui, à mesure que les cellules s'accroissent, se gonflent par hydratation et se fusionnent pour constituer de grosses vacuoles rondes. Les formes canaliculaires se colorent d'une manière homogène et intense par le rouge neutre. Les grosses vacuoles rondes qui résultent de leur confluence prennent une teinte beaucoup plus diffuse et montrent dans leur intérieur des corpuscules fortement colorés dus à la précipitation d'une partie du suc vacuolaire : celui-ci paraît contenir une substance protéique unie à des composés phénoliques.

Les méthodes de Cajal et de da Fano déterminent une altération des vacuoles canaliculaires et réticulaires qui se décomposent en chaînettes de petites vacuoles rondes. Celles-ci, extrêmement nombreuses, se distinguent d'une manière assez nette et montrent toutes dans leur intérieur un ou plusieurs corpuscules résultant de la précipitation de leur contenu et qui apparaissent fortement imprégnées par l'argent. Parfois, les précipités vacuolaires sont accolés sur un côté de la vacuole sous forme d'un croissant. Fréquemment aussi, de très fins précipités argentiques se déposent tout autour de chacune des vacuoles qui paraissent alors entourées d'une membrane granuleuse et qui renferment en même temps dans leur intérieur des corpuscules plus gros et fortement colorés. L'ensemble de ces figures représente assez bien certains aspects décrits pour les formations de Golgi, bien que par suite d'une altération les formes réticulaires du vacuome ne soient pas respectées. On sait d'ailleurs que la disposition réticulaire de l'appareil de Golgi est très loin d'être générale. Dans les cellules plus différenciées qui renferment déjà des vacuoles rondes et assez grosses, ces dernières montrent de nombreux précipités fortement colorés qui souvent affectent des dispositions réticulaires rappelant le réseau de Golgi. Les méthodes à

l'osmium reproduisent fidèlement les figures réticulaires des stades initiaux du vacuome, sans aucune altération, mais elles noircissent en même temps les mitochondries et les plastes qui peuvent se confondre avec elles. Des résultats analogues ont été obtenus dans les jeunes folioles de Rosier.

Dans le bourgeon d'*Elodea canadensis*, le vacuome apparaît sur le vivant, dans le méristème de la tige et dans les plus jeunes ébauches foliaires sous forme de petites vacuoles rondes, colorables par le rouge neutre : tantôt, toute la vacuole prend une teinte diffuse, tantôt elle montre seulement à son intérieur un corpuscule fortement coloré. Le contenu de ces vacuoles paraît être protéique. Les méthodes de Cajal et de da Fano reproduisent exactement les mêmes figures.

La racine et les cotylédons de la plantule de Pois nous ont permis de mettre en évidence par ces méthodes un réseau de Golgi tout à fait caractéristique, correspondant aux grains d'aleurone en voie de transformation en vacuoles et absolument superposables aux figures obtenues sur le vivant par le rouge neutre.

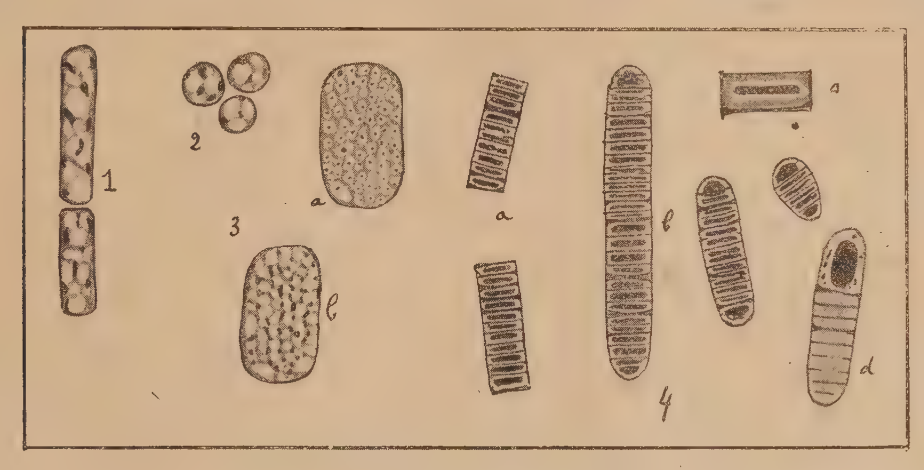
Nous avons également réussi à imprégner par ces méthodes les précipités vacuolaires (corpuscules métachromatiques) de diverses Chlorophycées, de Cyanophycées, de Bactéries et de quelques Champignons (Levures et *Oïdium lactis*).

Les méthodes à imprégnation argentique *sont très loin de donner des résultats constants*. En dehors de fins précipités cytoplasmiques qu'elles font apparaître parfois et qui sont manifestement des artifices de préparation et du noyau qu'elles imprègnent presque constamment, elles peuvent colorer soit simultanément soit isolément les précipités du vacuome et les éléments du chondriome, mais *dans la majorité des cas, ces méthodes mettent en évidence exclusivement les précipités vacuolaires*, reproduisant des images très semblables à celles que l'on rapporte dans les cellules animales aux formations de Golgi. Nos recherches confirment donc nos résultats antérieurs et nous amènent à admettre que les formations décrites dans les cellules animales sous le nom d'appareil de Golgi sont en grande partie attribuables à un vacuome analogue à celui que mettent en évidence dans les cellules végétales, les colorations vitales au rouge neutre.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude cytologique et taxinomique des Bactéries.* Note de M. **Albert Petit**, présentée par M. Molliard.

La question de la position systématique des Bactéries reste très confuse. On les incorpore en général dans le groupe des Cyanophycées en s'appuyant sur certains genres (*Leuconostoc*, *Beggiatoa*, *Cladothrix* et *Oscillospira*) qui ont une ressemblance évidente avec les Cyanophycées. Cependant les travaux de la plupart des auteurs, notamment ceux de Schaudinn et Guilliermond, qui ont observé la structure des Bactéries, s'accordent pour reconnaître que ces organismes n'ont ni noyau ni corps central. Si l'on veut voir dans les Bactéries un équivalent du noyau, il faut admettre l'hypothèse d'un noyau diffus formé par des granulations chromatiques disséminées dans le cytoplasme.

D'autre part, pour essayer de préciser les relations qui peuvent exister entre les Bactéries et les Cyanophycées, il est nécessaire d'étudier la structure des autres genres qui se rapprochent par leur aspect des Bactéries. C'est ce que nous nous proposons de faire ici par l'étude de diverses Sulfuraires et de l'*Oscillospira Guilliermondi*.



Les Sulfuraires examinées (*Thiothrix nivea*, *Beggiatoa alba*, *Thiocystis violacea* (*fig.* 2), *Amœbobacter*, *Rabdochromatium*, *Chromatium Okenii*), ne nous ont pas permis de constater un corps central semblable à celui des Cyanophycées. Contrairement à l'opinion admise par Bütschli, on y trouve la même structure que dans les autres Bactéries avec des corpuscules métachromatiques et des grains sidérophiles disséminés dans le cytoplasme.

Dans le *Chromatium Okenii*, que nous avons spécialement étudié, nous n'avons pas retrouvé la structure complexe récemment décrite par de Petschenko. Il existe cependant une couche pariétale de cytoplasme homogène et très mince, plus acidophile que le reste de la cellule qui renferme un cytoplasma alvéolaire présentant des corpuscules métachromatiques (*fig.* 3, *a*), et des granulations sidérophiles (*fig.* 3, *b*). Comme le pigment, les granules graisseux, les granulations de soufre et les corpuscules métachromatiques semblent répartis dans toute cette partie centrale (qui, d'ailleurs, ne présente nullement l'apparence nucléaire et la forte chromaticité du corps central des Cyanophycées), et que, d'autre part, cette couche corticale ne se retrouve pas dans des espèces voisines comme *Thiocystis* et *Beggiatoa*, et nous ne pensons pas qu'il s'agisse d'un corps central semblable à celui des Cyanophycées.

L'*Oscillospira Guilliermondi* (Chatton) trouvé dans l'intestin du Cobaye présente sur le vivant un aspect absolument semblable à celui d'un trichome d'Oscillaire. Les cellules ont un contenu homogène et se colorent uniformément par les colorants vitaux. Après fixations et colorations diverses, elles se teignent d'une manière uniforme. Par contre, si l'on pratique des coupes très fines à la paraffine, on observe surtout après fixation au liquide de Perenyi un corps central tout à fait semblable à celui des Cyanophycées, fortement sidérophile, qui paraît constitué par un réticulum et une couche pariétale très peu chromophile (*fig.* 4, *a*, *b* et *c*), séparée du corps central par une couche vacuolaire. Ce corps central se divise pendant le partage cellulaire par étranglement accompagné de la formation d'une paroi transversale qui apparaît d'abord sous forme d'un anneau périphérique. L'*Oscillospira* présente donc à tous ses égards la même structure que les Cyanophycées. Les spores dans le matériel dont nous nous sommes servi étant très rares, il nous a été impossible de les étudier. Nous avons simplement constaté par observation à l'aide de colorants vitaux qu'autour de la spore se trouve un cytoplasme rempli de corpuscules métachromatiques (*fig.* 4, *d*).

En résumé, nos recherches montrent que les Sulfuraires, malgré leur ressemblance avec les Cyanophycées, sont bien différentes de ces Algues par leur structure qui est semblable à celle des Bactéries ordinaires, sans noyau, ni corps central. Elles nous ont permis de constater au contraire, dans l'*Oscillospira*, un corps central tout à fait analogue à celui des Cyanophycées, ce qui démontre que ce genre doit être séparé des Bactéries et considéré comme une forme de Cyanophycées ayant perdu sa chrorophylle

par suite d'adaptation au parasitisme. On peut donc conclure qu'il n'existe entre les Cyanophycées et les Bactéries que des relations très lointaines et que l'on doit séparer ces dernières des Cyanophycées.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'argon du sang*. Note de MM. **L. Hackspill, A.-P. Rollet** et **Maurice Nicloux**, présentée par M. Le Chatelier.

La présence de l'argon dans le sang a été signalée dès 1897 par Regnard et Schlœsing [1]. Ces auteurs en extrayant par le vide les gaz de 10^{l} de sang, recueilli par ponction de la veine jugulaire, chez le cheval, y trouvèrent l'argon dans la proportion de 0$^{cm^3}$,42 par litre de sang. Cette quantité est le double environ de celle que peut faire prévoir le coefficient de solubilité de ce gaz dans l'eau ou le sérum à la température de 37-38°.

Une recherche analogue entreprise récemment par deux d'entre nous [2] sur 10^{l} de lait, permit de fixer à 0$^{cm^3}$,28 la quantité d'argon par litre, qui correspond à très peu près à celle que l'on peut calculer par application de la loi d'Henry.

Dans un autre ordre d'idées, Amé Pictet, Scherrer et Helfer [3] effectuant la combustion du caillot sanguin en présence d'oxyde de cuivre et dans un courant d'acide carbonique, analysant les gaz obtenus, y auraient décelé l'argon dans la proportion importante de 0$^{cm^3}$,8 par gramme de caillot desséché dans le vide [4]. Pour en expliquer la présence ils émettent, sous toutes réserves, l'hypothèse suivante : « On sait, disent-ils, que la présence du potassium est nécessaire à toute manifestation de la vie, or cet élément (ou tout au moins l'un de ses isotopes) est radio-actif et émet des rayons β. Mais on ignore quels sont ses produits de désintégration; il ne parait pas inadmissible que l'un d'eux soit l'argon » [5].

On voit, sans qu'il soit nécessaire d'insister, l'intérêt considérable que présenteraient de tels faits s'ils étaient confirmés; il est non moins évident qu'avant de les discuter utilement, leur vérification expérimentale s'impose.

---

(1) P. Regnard et Th. Schlœsing fils, *Comptes rendus*, **124**, 1897, p. 302.

(2) Hackspill et Rollet, *Bull. de la Soc. chim. de France*, **39**, 1926, p. 32.

(3) Amé Pictet, Werner Scherrer et Louis Helfer, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1629 et **181**, 1925, p. 236; *Helvetica Chimica Acta*, **8**, 1925, p. 537-545.

(4) On peut aisément calculer que cette quantité correspondrait à 100$^{cm^3}$ d'argon par litre de sang frais.

(5) *Helvetica Chimica Acta*, *loc. cit.*, p. 545.

C'est cette vérification que nous avons entreprise en utilisant l'appareillage dont Hackspill et Rollet s'étaient servis dans leurs recherches sur les gaz du lait et après en être tombés d'accord avec M. Amé Pictet lui-même ([1]).

Expériences sur le sang. — Du sang de bœuf est recueilli à l'abattoir alors qu'on sacrifie l'animal ([2]), on le défibrine par agitation en même temps qu'on l'additionne de 2,5 pour 100 d'alcool à 95°. On en remplit immédiatement un grand flacon taré; $7^{kg},750$, soit $7^{l},580$, sont ainsi mis en expérience.

Avant d'introduire ce sang dans le récipient vide (tourie de verre) d'un volume de 29^{l}, on le prive de son oxygène par une addition de 17^{g} d'hydrosulfite dissous dans 100^{cm^3} d'eau alcalinisée par 1^{cm^3} d'ammoniaque concentrée. Toute l'oxyhémoglobine passe à l'état d'hémoglobine. On évite ainsi le dégagement ultérieur de $1^{l},5$ environ d'oxygène et l'installation des dispositifs nécessaires à son absorption. Pour se débarrasser de toute mousse encombrante on introduit simultanément dans le milieu 1^{cm^3} d'alcool octylique.

L'acide carbonique, et éventuellement l'acide sulfureux qui pourrait se dégager, étant absorbés *in situ*, les gaz recueillis, exempts d'oxygène, sont uniquement constitués par de l'azote et de l'argon; ils renferment une trace de gaz combustible de l'ordre du centième de centimètre cube constitué par de l'oxyde de carbone. Le volume total recueilli est de $75^{cm^3},67$ sur lesquels on a prélevé $63^{cm^3},7$ qui, après absorption par le calcium ([3]), ont fourni $1^{cm^3},485$ d'argon.

Finalement on trouve, tous calculs faits, les gaz ramenés à 0 et 760.

	Azote.	Argon.
Par litre de sang...............	$9^{cm^3},78$	$0^{cm^3},234$

Ces nombres sont très voisins de ceux calculés par Regnard et Schlœsing par application de la loi d'Henry et qui sont respectivement de 9^{cm^3} d'azote et de $0^{cm^3},24$ d'argon par litre de sang.

Expériences sur le caillot sanguin. — Nous avons opéré comme l'ont

([1]) Nous devons ajouter que nous avons cru de notre devoir de communiquer nos résultats, dès que nous les avons obtenus, à M. Amé Pictet, et cela avant toute publication.

([2]) Nous regrettons de n'avoir pu ponctionner un vaisseau comme l'avaient fait Regnard et Schlœsing chez le cheval.

([3]) Dans un appareil tout en verre analogue à celui employé par Soddy, *Proceedings of the Royal Society*, 78, 1906, p. 429.

indiqué MM. Pictet, Scherrer et Helfer. Du sang (de bœuf) est abandonné à la coagulation. Une partie du caillot est desséchée dans le vide sur l'acide sulfurique. On obtient ainsi une substance qui, réduite en poudre, servira aux essais suivants,

Premier essai. — Pris 4^g. Combustion dans le vide d'après la technique de Hackspill et d'Huart. L'analyse est faite sur une partie ($91^{cm^3},6$) du gaz décarbonaté. L'absorption par le calcium est complète, le gaz ne renferme pas d'argon.

Second essai. — Même expérience sur $2^g,90$ de substance. Température de combustion 850°. Volume total de gaz recueilli $282^{cm^3},2$. Ce gaz ne renferme rigoureusement pas trace d'argon comme en témoigne la pression dans l'appareil — d'un volume de 2^l environ — à la fin de l'absorption par le calcium. Mesurée, cette pression s'élève en effet à $\frac{3}{10000}$ de millimètre de mercure, or elle était de même ordre avant toute introduction de gaz.

Conclusions. — 1° L'argon, comme l'azote, se trouve dans le sang défibriné en quantité correspondant à son coefficient de solubilité et à sa pression partielle dans l'air.

2° Le caillot, desséché dans le vide, brûlé en présence d'oxyde de cuivre, ne donne lieu à aucun dégagement d'argon.

BIOLOGIE. — *Essaimage et rythme lunaire d'un Phyllodocien* (Eulalia punctifera *Grube*). Note de MM. **L. Fage** et **R. Legendre**, présentée par M. Ch. Gravier.

La présence de soies épitoques, signalée depuis longtemps chez quelques Phyllodociens arrivés à maturité et appartenant aux genres *Eulalia*, *Protomystides* et *Mystides* laissait supposer l'existence d'une phase pélagique chez ces Polychètes sédentaires. La capture accidentelle, en surface, par Ch. Gravier [1] de l'*Eulalia punctifera* Grube et de l'*Eteone foliosa* Qfg., et celle de l'*Eteone longa* Fabr. (= *E. arctica* Malmgr.) par Meck et Storrow [2] montraient que cette hypothèse était valable, même pour des formes dépourvues, comme celles-ci, de soies natatoires.

Les pêches à la lumière que nous exécutons régulièrement à Concarneau, depuis plusieurs années, ont permis de recueillir, nageant entre deux eaux

---

(1) *Bull. Sc. France et Belgique*, **29**, 1896, p. 14.
(2) *Ann. Mag. Nat. Inst.*, (9), **14**, 1924, p. 453.

13 espèces de Phyllodociens, représentant tous les genres des *Phyllodocinæ* de nos côtes, sauf le genre *Notophyllum*.

Il s'agit, presque exclusivement, d'individus adultes, bourrés de produits sexuels ou vidés, et dont la présence dans le plancton est liée à la reproduction. Seuls l'*Eulalia bilineata* Johnst., le *Protomystides bidentata* (Langh.) et le *Mystides limbata* St-Jos. portaient des soies épitoques; les autres espèces montraient simplement une réduction du système musculaire et un amincissement des parois du tube digestif. Parmi ces dernières formes, relativement peu modifiées, certaines offrent, cependant, le spectacle d'essaimages en masse, coïncidant chaque fois avec les mêmes phases de la lune et analogues à ceux que nous avons déjà signalés ([1]) chez divers Polychètes.

Tel est le cas de l'*Eulalia punctifera*, espèce littorale, abondante sur nos côtes, dans les dragages ou sous les pierres et dans le sable vaseux découvrant à mer basse. Au moment de la reproduction, les adultes, longs de 8 à 10^{cm}, quittent leurs retraites et deviennent pélagiques. Quelques individus apparaissent dans le plancton dès le début de juillet (6 juillet 1923) et l'on en trouve encore la nuit, en surface, vers le milieu d'octobre (15 octobre 1923). Ce sont là des individus précoces ou retardataires qui ne sont représentés dans nos pêches que par un, deux ou trois individus.

Mais, brusquement, au dernier quartier de la lune d'août, soit le jour même (3 septembre 1923), soit l'avant-veille (18 septembre 1924), soit le lendemain (11 septembre 1925), l'essaimage se produit. Mâles et femelles viennent en foule, après la tombée de la nuit, vers notre lanterne; on les voit, pendant une heure, monter du fond vers la lumière ou arriver en surface de tous les bords de la zone éclairée; ils vont tous vers le foyer en ondulant et leur nage serpentine les distingue à première vue des autres Annélides qui circulent en même temps dans le champ lumineux. En approchant, ils laissent échapper leurs produits sexuels qui forment derrière eux une traînée blanche, un sillage laiteux se diluant et s'effaçant peu à peu. Avec un simple haveneau, manié du bord de notre embarcation, nous les prenons par centaines. Toutefois, en 1925, l'essaimage fut sensiblement plus pauvre; il avait été précédé, en effet, un mois auparavant, d'un premier essaimage, très nombreux celui-là, qui avait eu lieu le 13 août, surlendemain du dernier quartier de la lune de juillet.

([1]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 282 et 1150; **180**, 1925, p. 1373 et 2081; **181**, 1925, p. 621.

Autant que nous permettent de l'affirmer nos observations concordantes de 1923, 1924 et 1925, l'*Eulalia punctifera* essaime donc au dernier quartier de la lune d'août. Il semble en outre que, si le dernier quartier de la lune de juillet tombe assez tard dans la saison, comme en 1925 (11 août), l'essaimage peut se produire dès ce moment, mais il est alors suivi d'un second essaimage, plus réduit, qui a lieu, comme en temps normal, au dernier quartier de la lune d'août.

Ce rythme, que nous sommes incapables d'expliquer pour l'instant, est comparable par sa régularité et la longueur de sa période, à celui suivant lequel se fait en Floride l'essaimage du Palolo atlantique, l'*Eunice fucata* (Ehl.) qui se répand en surface, une fois l'an, dans les trois jours qui suivent le dernier quartier de la lune de juin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le fractionnement des protides du sérum et la désalbumination du sérum antidiphtérique.* Note [1] de MM. **P. Sédallian** et **J. Loiseleur**, présentée par M. Widal.

On sait déjà que les propriétés antitoxiques des sérums thérapeutiques sont liées en majeure partie à une fraction seulement des protides que des procédés divers parviennent à isoler. On a utilisé dans ce but des solutions salines [2] [$NaCl$, SO^4Na^2, $SO^4(NH^4)^2$, SO^4Mg], cette précipitation étant favorisée par des traces d'acide.

Nous considérerons le sérum sanguin comme un système colloïdal dont l'élément basal serait la sérine [3] donnant, immédiatement et en l'absence de sels minéraux, des pseudo-solutions. Ses micelles auraient la propriété d'absorber les globulines dont elles constitueraient le support.

Si, en effet, on amène un sérum à pH 4,7, point isoélectrique de la sérine, les sérumglobulines se trouvent dans un état d'équilibre instable que détruit toute modification apportée à leur charge; il suffit d'ajouter une certaine quantité de NaCl pour obtenir la floculation et

(1) Séance du 22 février 1926.

(2) Ce procédé a permis également à MM. Widal et Sicard l'isolement des agglutinines.

(3) Nous conservons, pour la commodité de l'exposition, les dénominations usuelles de sérine et de globuline, sans attribuer à ces dénominations une précision qu'elles ne comportent pas. Ce qu'il importe de retenir, ce sont les conditions physico-chimiques de la précipitation.

l'isolement des globulines. Leur floculation commence vers une concentration de 20 pour 100 de NaCl et est totale vers 33 pour 100. Comme contrôle chimique, on peut s'assurer de la disparition progressive des globulines dans la solution protéique résiduelle en effectuant, sur un petit essai, la recherche des lipoglubulines par agitation avec 10 pour 100 d'un mélange à volume égal d'éther et de chloroforme, centrifugation et observation du culot de centrifugation.

Cette technique, appliquée au sérum antidiphtérique, permet de fractionner des constituants périodiques, dont les propriétés antitoxiques sont de plus en plus accusées. Si l'on titre, soit par la méthode d'Ehrlich, soit par la floculation du mélange (toxine + antitoxine) selon la technique de Ramon, on constate que les premières portions précipitées (à 21 pour 100 de concentration de NaCl) sont dépourvues de propriétés antitoxiques : elles correspondraient à cette fraction du système colloïdal, désignées sous le nom d'euglobulines et qui sont démunies de pouvoir préventif (ainsi que l'ont montré surtout Dieudonné, Belfanti et Carbone, Seng, Banzhaf et Gibson).

A partir de 22 pour 100 de NaCl, on flocule une autre portion de colloïdes à laquelle se rattache la plus grande partie du pouvoir antitoxique; toutefois ces propriétés persistent encore, mais très atténuées, dans la partie restée soluble (sérum-albumine).

Ces recherches ont pour objet d'établir les conditions les plus favorables à l'élimination de certains protides et à la concentration du pouvoir antitoxique du sérum antidiphtérique ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du phosphore dans le sérum et les globules rouges du sang.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. Ch. Moureu.

Étudiant par la méthode néphélométrique de Pouget et Chouchak la répartition du phosphore dans le sang, Greenwald ([2]) et, après lui, Bloor ([3]) trouvent que dans le sérum et dans les hématies il n'existe que

([1]) Ces recherches visent au même but que celles de M. L. Martin qui en a récemment publié certaines applications (*Soc. de Chir. de Paris*, 52, n° 5, 13 février 1926, p. 128).

([2]) *Journ. of biological Chemistry*, 14, 1913, p. 369; 21, 1915, p. 29.

([3]) *Ibid.*, 36, 1918, p. 49; *Bull. de la Soc. de Ch. biologique*, 3, 1921, p. 451.

du phosphore lipoïde et acidosoluble, ce dernier comprenant des composés phospho-organiques dans la proportion de 13 à 26 pour 100 dans le sérum et de 89 à 97 pour 100 dans les globules rouges. Ils mettent ainsi en doute la présence des nucléines dans le sang et affirment l'existence des composés organiques autres que la lécithine, ce qui est en désaccord avec les analyses antérieures d'Abderhalden (1).

Il m'a paru utile de reprendre ces recherches par une bonne méthode pondérale. J'ai eu recours à celle que j'avais proposée, en 1920, pour le dosage de faibles quantités d'acide phosphorique (2). Contrôlée et utilisée par Lemeland (3) pour l'étude des phosphatides du sérum, elle lui a donné pleine satisfaction.

J'ai dû l'adapter à la détermination de l'acide phosphorique minéral en présence des composés organiques du phosphore. Sans entrer dans des détails qui seront publiés ailleurs, j'indiquerai qu'il est possible de pratiquer ce dosage dans le sang avec une grande précision au moyen de deux méthodes doubles différentes : 1° en précipitant l'acide phosphorique par le molybdate d'ammonium, en milieu nitrique, à froid, en minéralisant d'après Neumann le précipité filtré et en reprécipitant à la température d'ébullition, en milieu purement sulfurique, par le molybdate d'ammonium.

2° En précipitant par la mixture magnésienne, en dissolvant le précipité infime qui se forme dans l'acide sulfurique et en terminant comme précédemment.

J'ai étudié le sérum et les hématies du lapin, du mouton, du bœuf, du cheval et du chien avec des résultats comparables, en y dosant :

a. Le phosphore de l'extrait alcoolique froid, évaporé dans le vide et divisé, par épuisement à l'éther, en deux fractions : phosphore de l'extrait éthéré et phosphore de l'extrait alcoolique insoluble dans l'éther;

b. Le phosphore total de l'extrait picrique (4) et son phosphore minéral par les deux méthodes doubles sus-indiquées. Ces trois dosages donnaient des chiffres identiques, à 1 pour 100 près, pour tous les sérums examinés.

Ci-après, à titre d'exemple, les analyses d'un échantillon de sang de cheval et de chien rapportées à un litre de sérum et à un litre d'hématies.

---

(1) *Zeitsch. f. physiol. Chemie*, 25, 1898, p. 67.

(2) *Bull. de la Soc. chim. de France*, 4e série, 27, 1920, p. 507 et 564.

(3) *Bull. de la Soc. de Chimie biologique*, 3, 1921, p. 157.

(4) L'adjonction de l'acide acétique à la solution de l'acide picrique, recommandée par Greenwald, est superflue, les composés dits acidosolubles étant parfaitement solubles dans l'eau.

De l'étude de ces chiffres, comme de ceux de mes autres analyses, résulte l'absence de phosphore insoluble et par conséquent, de nucléine dans le sérum. En dehors du phosphore lipoïde, le sérum ne contient pas de quantité sensible de phosphore en combinaison organique, les observations contraires de Greenwald et de Bloor étant attribuables à l'imperfection de la méthode néphélométrique.

RÉPARTITION DU PHOSPHORE DANS LE SANG.

Cheval.

	Dans 1¹ de sérum.		Dans 1¹ d'hématies.	
	P en mg.	P pour 100 du P total.	P. en mg.	P pour 100 du P total.
Phosphore total	74,12		559,30	
» de l'extrait éthéré	42,16	56,88	107,74	19,26
» de l'extrait alcoolique (insoluble dans l'éther).	4,48	6,04	13,72	2,45
Phosphore minéral	27,64	37,29	64,30	11,49
» organique soluble	néant		341,70	61,09
» insoluble (par différence).	néant	—	31,84	5,71
Total		100,21		100

Chien.

	P en mg.	P pour 100 du P total.	P. en mg.	P pour 100 du P total.
Phosphore total	130,80		557,34	
» de l'extrait éthéré	88,40	67,63	120,36	21,59
» de l'extrait alcoolique (insoluble dans l'éther).	3,55	2,71	11,82	2,12
Phosphore minéral	38,88	29,72	119,72	21,48
» organique soluble	néant		266,70	47,85
» insoluble (par différence).	néant		38,74	6,96
Total		100,06		100

Les hématies contiennent, par contre, du phosphore insoluble, de 6 à 11 pour 100 (globules de mouton). La nucléine en constitue probablement une faible part, les globules rouges examinés n'étant pas exempts de leucocytes. Il est surtout représenté par un sel ferrique insoluble du principe phospho-organique des globules, comme je le montrerai ultérieurement.

Ce qui est surtout remarquable, c'est la richesse des hématies en phosphore organique soluble : 61,09 pour 100 du phosphore total chez le cheval

et 47,85 pour 100 chez le chien. Ces chiffres pêchent plutôt par défaut, car les hématies contiennent une phosphatase hydrolysant le composé phospho-organique soluble à la t^{o} ambiante. En réanalysant les mêmes globules de chien après 16 heures et 48 heures de séjour au laboratoire à 21°, j'ai trouvé respectivement 26,66 et 36,70 pour 100 de phosphore inorganique au lieu de 21,48 pour 100 marqués au tableau, la teneur en lécithine restant la même.

Je ne puis donc que confirmer, en ce qui concerne les hématies, la belle découverte de Bloor d'une portée si grande pour la physiologie des échanges phosphorés. Elle est d'autant plus certaine qu'il est facile d'isoler des globules rouges de cheval et de chien leurs principes phospho-organiques et de les définir chimiquement.

PROTISTOLOGIE. — *Une Microsporidie nouvelle à sporontes épineux.* Note de M. **Louis Léger**, présentée par M. Henneguy.

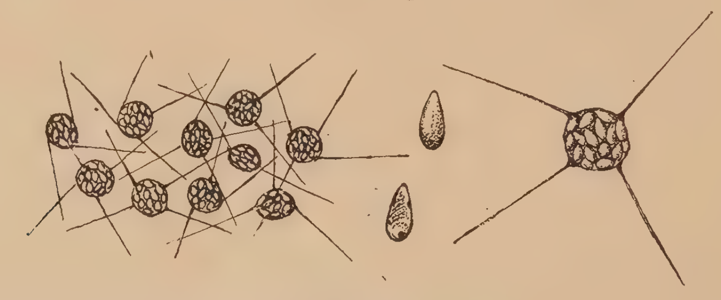
Chez toutes les Microsporidies actuellement connues, le sporonte mûr est d'une extrême simplicité de forme et de structure. C'est un corps massif ordinairement sphérique ou ovoïde groupant un nombre de spores qui varie selon les genres, sous une enveloppe lisse, rarement épaisse et colorable comme dans *Thelohania Giraudi,* le plus souvent très mince et comme moulée à la surface des spores périphériques, parfois même totalement invisible et pour ainsi dire virtuelle. Jamais cette paroi ne montre de particularités morphologiques susceptibles d'imprimer un caractère spécifique quelconque; c'est pourquoi elle a été jusqu'ici laissée complètement de côté en temps que valeur systématique.

Il n'en est pas de même chez une Microsporidie que je vais décrire et dont le sporonte est orné de longs prolongements aciculés régulièrement disposés. Une particularité si singulière nous engage à distinguer cette Microsporidie sous un nom générique nouveau. Comme par ailleurs ses pansporoblastes donnent typiquement 16 spores, groupement qui caractérise le genre *Duboscqia* Pérez, nous la rapprocherons de ce genre en la désignant sous le nom de *Trichoduboscqia.*

Description : *Trichoduboscqia epeori* n. g. n. sp. Cette Microsporidie parasite les larves d'*Epeorus* et de *Rhitrogena* (Éphémérides), hôtes habituels des torrents de haute montagne, dans le massif de Belledonne, près Grenoble. Dans le torrent du Domenon, 10 pour 100 des larves

étaient atteintes en mars 1926 au début de la fonte des basses neiges. Chez *Rhitrogena* elles se reconnaissent à la présence d'une masse crayeuse visible par transparence sur la face ventrale et représentant le parasite ayant envahi le corps graisseux. Chez *Epeorus* le parasite semble plus diffus, mais, par places, de petites masses ovoïdes saillantes très blanches indiquent des localisations massives de la Microsporidie.

Une fois libérée sur le porte-objet, la masse parasitaire se résout facilement en une infinité de petits sporontes sphériques de 9 à 10$^{\mu}$ de diamètre renfermant, pour la plupart, 16 spores étroitement tassées. Chaque sporonte est hérissé de 4 prolongements en aiguilles, transparents et effilés de 20 à 22$^{\mu}$ de long, fort difficiles à voir sur le vivant, mais que des colorations massives mettent en évidence. Ces prolongements se montrent le plus



Trichoduboscqia epeori. — A gauche : amas de sporontes mûrs libérés dans l'eau, × 500. Au milieu : spore *in vivo* et spore colorée au fer, × 2000. A droite : sporonte mûr, × 1000.

souvent disposés en croix et insérés sur le même équateur; mais ils ne s'étendent pas dans ce même plan équatorial. Deux d'entre eux, opposés, divergent dans la direction d'un pôle, les deux autres en sens contraire. Cette disposition est du reste fort difficile à définir et paraît être variable. Certains sporontes n'ont que 3 aiguilles et ne renferment que 12 spores. Beaucoup plus rarement, de petits sporontes ovoïdes n'ont que 8 spores et 2 aiguilles. Cependant le nombre des aiguilles qui ne dépasse jamais 4 n'est pas toujours en rapport direct avec celui des spores, et, en conséquence, avec la taille du sporonte.

Lorsque les sporontes sont étroitement tassés, formant les masses parasitaires qui se substituent au corps graisseux, leurs prolongements peuvent être recourbés et se redressent en aiguilles rigides lorsque ceux-ci sont libérés dans l'eau. En réalité ces aiguilles sont des prolongements creux de la paroi du sporonte, partout ailleurs extrêmement mince et invisible, tandis que leur base allongée au point d'insertion apparaît légèrement colorable.

Les spores du type ovoïde acuminé, en pépin de raisin, ont de 3$^{\mu}$,5

à 4$^{\mu}$ de long et ne montrent pas de vacuole sur le vivant. Des colorations appropriées montrent le noyau du germe à leur base renflée et, vers le sommet, de chaque côté, deux points colorables, peut-être les noyaux valvaires. Je n'ai pas réussi à dévaginer le filament dont on devine les spires serrées à l'intérieur de la spore au-dessus du germe.

Je n'ai pu suivre encore en détail les diverses phases de la sporogonie, mais je puis dire que les prolongements aciculés du sporonte sont déjà formés alors que les spores sont à peine individualisées à son intérieur.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Du rôle joué par les hyménoptères dans l'infection de* Galleria mellonella. Note de MM. **S. Metalnikov** et **V. Chorine**, présentée par M. Roux.

Nous avons déjà signalé, dans une de nos précédentes Communications, l'existence d'épidémies chez la mite des abeilles (*Galleria mell.*).

Un heureux hasard nous a fourni dernièrement la possibilité d'étudier une nouvelle épidémie chez ces insectes. Depuis quelque temps nous avions remarqué que nos cultures de *Galleria* étaient malades. Nous trouvions souvent dans les gâteaux de cire, des chenilles et des chrysalides mortes, mais c'étaient toujours des individus isolés. Ce n'est qu'au mois de janvier 1926 que la maladie prit un caractère épidémique.

Un jour, dans l'une de nos plus riches cultures, nous avons trouvé toutes les chenilles mortes ou mourantes. Ayant prélevé du sang sur les cadavres et sur les malades, nous avons pu voir sur les frottis colorés un grand nombre de bâtonnets allongés associés à des diplocoques et à des staphylocoques.

Des ensemencements sur bouillon et sur gélose nous ont donné des cultures très abondantes composées de trois microbes. Nous avons réussi à séparer ces microbes et nous avons obtenu des cultures pures : un bâtonnet très épais et allongé, un diplocoque et un staphylocoque (tous Gram positif). Nous donnerons plus tard la description de ces intéressants microbes.

En injectant ces microbes — tous trois à la fois ou chacun d'eux isolément — aux chenilles, nous avons vu que tous trois, surtout les bâtonnets, sont très virulents pour elles. Les bâtonnets injectés même en dose minime, donnent la mort aux chenilles en quelques heures. Cependant tous nos efforts pour propager la maladie par des voies naturelles (ingestion, contact

avec le cadavre, etc.) n'ont pas donné de résultat. En ajoutant aux aliments des émulsions très épaisses de ces microbes nous n'avons pas pu reproduire la maladie chez les chenilles. Notre attention fut alors attirée par des petits insectes que nous avions quelquefois remarqués dans les cultures infectées. Ce sont des hyménoptères, très petits ($1^{mm},5$ de long), noirs, ayant des ailes transparentes. Nous en avons pris une dizaine et les avons placés dans un bocal avec plusieurs chenilles bien portantes : 24-48 heures plus tard, toutes les chenilles étaient mortes.

Nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois, toujours avec le même résultat. C'est ainsi que nous avons pu constater que la maladie des chenilles leur est transmise par cet intéressant insecte. Grâce à l'obligeance du Professeur Picard qui a bien voulu nous aider à le déterminer, nous avons appris que ce petit insecte porte le nom de *Dibrachys boucheanus* Ratzb. C'est un parasite, et le plus polyphage que l'on puisse rencontrer, car il a été obtenu d'une foule d'hôtes appartenant aux Lépidoptères, aux Hyménoptères, aux Coléoptères, etc.

Si l'on met plusieurs *Dibrachys* avec des chenilles de *Galleria* dans une boîte de Pétri, on les voit se poser sur le dos des chenilles et les piquer avec leur tarière. Ils piquent aussi les chrysalides à travers le cocon. Après avoir piqué, ils lèchent le sang qui sort des blessures qu'ils ont causées.

Les chenilles meurent de 24 à 48 heures après avoir été piquées. C'est alors que les femelles *Dibrachys* déposent sur les téguments de la chenille morte de petits œufs transparents. Trois à quatre jours plus tard apparaissent de petites larves qui commencent à sucer le cadavre. Ces larves, au bout d'une semaine, se transforment en petites chrysalides qui se détachent de la chenille morte.

Les chrysalides restent tranquilles pendant une dizaine de jours (à la température de 30°), après quoi apparaissent les insectes adultes.

Ainsi donc, le cycle évolutif de *Dibrachys boucheanus* se trouve accompli à peu près en 20 jours

M. Jean Boccardi adresse une Note intitulée : *Sur la courbe d'interpolation*.

A $15^h 50^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *E. Tisserand* présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. **Jean Charcot.**

En seconde ligne, ex æquo, par ordre alphabétique. . . . . MM. **Charles Achard,** **Paul Helbronner,** **Louis Martin,** **Henri Pottevin.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 28 décembre 1925.)

Note de M. *R. de Mallemann*, Sur le calcul de la constante de Verdet dans la théorie moléculaire :

Page 1140, formules (0) et (1) donnant Λ, *au lieu de* v, *lire* ν; formule (2), *au lieu de*

$$15,82.10^{-7}\,\frac{M}{d}\,\frac{(n-1)^2}{n},$$

lire

$$15,82.10^{-7}\,\frac{M}{d}\,\frac{(n^2-1)^2}{n}.$$

(Séance du 8 février 1926.)

Note de MM. *Albert Portevin* et *François Le Chatelier*, Sur quelques propriétés physiques des alliages de magnésium ultra-légers :

Page 382, 7ᵉ colonne du tableau en bas de la page,

	Si.		Si.
au lieu de	〃	*lire*	0,0024
	〃		0,28
	5		1,5

(Séance du 8 mars 1926.)

Note de M. *A. Lacroix*, La systématique des roches leucitiques; les types de la famille syénitique :

Page 598, ligne 4 (en remontant), *au lieu de* de plagioclase, *lire* d'orthose.